

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr

**Frank Schneider**

**Kostenmanagement und  
Controlling Instrumente von  
technischen  
Beschneiungsanlagen**

Mittweida, 2014



---

# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Kostenmanagement und Controlling Instrumente von technischen Beschneiungsanlagen**

Autor:

**Herr Frank Schneider**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW10wBA-F**

Erstprüfer:

**Prof. Dipl.-Kfm. Dr. Andreas Hollidt**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes Stelling**

Einreichung:

**Mittweida, 30.07.2014**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2014**



## **Bibliografische Beschreibung:**

Schneider Frank:

Kostenmanagement und Controlling Instrumente von Beschneiungsanlagen – Erarbeitung von Werkzeugen die eine Übersicht zur Kostenentwicklung von Beschneiungsanlagen geben. –2014. – 100 Seiten, 75 Seiten Inhalt. 5 Seiten Anlagen  
Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Diplomarbeit, 2014

## **Referat:**

Mit Hilfe der Technik ist es möglich, Schnee zu produzieren. Voraussetzung dafür ist, dass das Verhältnis zwischen Lufttemperatur und relativer Luftfeuchtigkeit für die Entstehung von Schnee übereinstimmt. Aus diesem Verhältnis resultiert einer der wichtigsten Faktoren für die technische Beschneigung, dieser wird als Feuchtkugeltemperatur bezeichnet. Die Ausbringleistung der technischen Schneeerzeuger verläuft in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur konträr, sinken die Temperaturen steigt die Ausbringleistung pro Zeiteinheit, steigen die Temperaturen, sinkt die Ausbringleistung pro Zeiteinheit. Wie bei jeder Maschine entstehen in der Produktion Kosten, diese Kosten werden in der Arbeit in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur einer Kostenanalyse von Beschneiungsanlagen unterzogen.



# I Inhalt

<b>I</b>	<b>Inhalt .....</b>	<b>VII</b>
<b>II</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>III</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>XI</b>
<b>IV</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>XII</b>
<b>V</b>	<b>Vorwort .....</b>	<b>1</b>
<b>VI</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Kapitel A Einführung technische Schneeerzeugung .....</b>	<b>3</b>
1.1	<i>Tourismus in Österreich .....</i>	<i>5</i>
1.2	<i>Seilbahnbetriebe in Österreich .....</i>	<i>5</i>
1.3	<i>Wintersport durch technische Schneeerzeugung .....</i>	<i>7</i>
1.4	<i>Meteorologische Einflussfaktoren auf die Entstehung von Schnee.....</i>	<i>8</i>
1.4.1	Atmosphäre.....	8
1.4.2	Temperatur.....	8
1.4.3	Luftfeuchtigkeit .....	9
1.4.3.1	Absolute Luftfeuchtigkeit .....	9
1.4.3.2	Relative Luftfeuchtigkeit .....	9
1.4.3.3	Feuchtkugeltemperatur .....	9
1.4.4	Wie entsteht Schnee? .....	11
1.4.5	Klimatische Veränderungen .....	12
1.5	<i>Topographische Einflussfaktoren auf die Entstehung von Schnee .....</i>	<i>13</i>
1.5.1	Geländeformen .....	13
1.5.2	Meereshöhe .....	14
1.6	<i>Zusammenfassung Kapitel A.....</i>	<i>14</i>
<b>2</b>	<b>Kapitel B Aufbau von technischen Schneeerzeugern .....</b>	<b>15</b>
2.1	<i>Aufbau und Funktion einer technischen Beschneiungsanlage.....</i>	<i>15</i>
2.2	<i>Maschinen zur Schneeerzeugung .....</i>	<i>17</i>
2.2.1	Propellermaschinen.....	17
2.2.2	Lanzen .....	19
2.3	<i>Wasserverbrauch .....</i>	<i>21</i>

2.3.1	Wasserspeicherung .....	22
2.3.2	Wassertemperatur.....	23
2.4	<i>Pumpensystem für Wasserversorgung</i> .....	24
2.5	<i>Druckluftaufbereitung</i> .....	25
2.6	<i>Linienmaterial</i> .....	26
2.7	<i>Zusammenfassung Kapitel 2</i> .....	27
<b>3</b>	<b>Kapitel C Projektierung von technischen Schneeerzeugern für einen Streckenabschnitt.....</b>	<b>28</b>
3.1	<i>Datenerfassung des Streckenabschnitts zur Auslegung der Beschneiungsanlage</i> .....	28
3.1.1	Geländeform .....	32
3.1.2	Standort Wasserspeicher .....	33
3.1.3	Wasserzufluss für Wasserspeicher .....	33
3.1.4	Fläche für die Beschneigung.....	34
3.2	<i>Berechnung der notwendigen Schneemenge für einen Streckenabschnitt....</i>	36
3.3	<i>Notwendige Wassermenge für den Streckenabschnitt</i> .....	37
3.3.1	Benötigte Wassermenge pro Stunde.....	38
3.4	<i>Volumen für Wasserspeicher</i> .....	39
3.5	<i>Maschinenauswahl zur technischen Beschneigung einer Strecke</i> .....	40
3.5.1	Auswahl Propellermaschinen. ....	42
3.6	<i>Pumpen für die Wasserversorgung der Schneeerzeuger</i> .....	44
3.6.1	Auslegung Rohrleitung.....	45
3.7	<i>Zusammenfassung Kapitel 3</i> .....	45
<b>4</b>	<b>Kapitel D Wirtschaftliche Betrachtung der technischen Beschneigung ...</b>	<b>46</b>
4.1	<i>Grundlagen</i> .....	46
4.1.1	Rechnungswesen in Unternehmen .....	46
4.1.2	Internes Rechnungswesen.....	47
4.1.3	Kostenmanagement.....	47
4.1.3.1	Was sind Kosten? .....	48
4.1.4	Kostenrechnung.....	49
4.1.5	Kostenrechnungsmodell für die technische Beschneigung.....	51
4.2	<i>Total Cost of Ownership Model der technischen Beschneigung</i> .....	53
4.2.1	Positionen für Investitionskosten .....	53
4.2.2	Betriebskosten .....	56
4.2.3	Plankostenrechnung .....	56
4.3	<i>Kostenentwicklung für die technische Beschneigung</i> .....	57



4.3.1	Gesamtkostenentwicklung der technischen Beschneigung .....	57
4.3.2	Gesamtkostenentwicklung durch Lanzen .....	59
4.3.3	Gesamtkostenentwicklung durch Propellermaschinen.....	62
4.3.4	Gesamtkostenvergleich Propeller vs. Lanzen.....	62
4.4	<i>Kostenplanung mit Hilfe der Wettervorhersage .....</i>	<i>64</i>
4.5	<i>Ressourcenschonendes Schneemanagement .....</i>	<i>68</i>
4.6	<i>Pistenmanagement .....</i>	<i>70</i>
4.7	<i>Zusammenfassung Kapitel 4.....</i>	<i>71</i>
<b>5</b>	<b>Kapitel E Schlussbetrachtung.....</b>	<b>72</b>
<b>Literatur</b>	<b>.....</b>	<b>77</b>
	<i>Internet.....</i>	<i>77</i>
	<i>Bücher.....</i>	<i>78</i>
	<i>Interview.....</i>	<i>78</i>
	<i>Fachzeitschrift.....</i>	<i>78</i>
<b>Anlagen</b>	<b>.....</b>	<b>80</b>
<b>Anlagen, Teil 1 Berechnungsdaten.....</b>	<b>.....</b>	<b>1</b>
<b>Anlagen, Teil 2 Maschinendatenblatt.....</b>	<b>.....</b>	<b>4</b>
<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>.....</b>	<b>6</b>

## II Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 UMSATZKLASSEN SEILBAHNUNTERNEHMEN. ....	6
ABBILDUNG 2 FORMEN VON SCHNEE – NAKAYA DIAGRAMM .....	11
ABBILDUNG 3 PROGNOSE FÜR SCHNEETAGE IM JAHR MIT MEHR ALS 3 CM SCHNEE .....	12
ABBILDUNG 4 HÖHENFORMEN. ....	13
ABBILDUNG 5 SCHEMA BESCHNEIUNGSANLAGE .....	16
ABBILDUNG 6 AUFBAU EINER PROPELLERMASCHINE .....	17
ABBILDUNG 7 SCHNEILANZE .....	19
ABBILDUNG 8 DICHTe VERSCHIEDENER SCHNEEARTEN .....	21
ABBILDUNG 9 SPEICHERSEE .....	22
ABBILDUNG 10 PUMPSTATION .....	24
ABBILDUNG 11 ZENTRALE DRUCKLUFTAUFBEREITUNGSSTATION .....	25
ABBILDUNG 12 LEITUNGEN FÜR TECHNISCHE BESCHNEIUNG .....	26
ABBILDUNG 13 BESCHNEIUNGSABSCHNITTE FÜR STRECKE .....	29
ABBILDUNG 14 ABSCHNITT1 VON STRECKE.....	30
ABBILDUNG 15 ABSCHNITT 2 VON STRECKE .....	30
ABBILDUNG 16 ABSCHNITT 3 VON STRECKE .....	30
ABBILDUNG 17 ABSCHNITT 4 VON STRECKE .....	31
ABBILDUNG 18 GELÄNDEFORM.....	32
ABBILDUNG 19 FLÄCHE FÜR ABSCHNITT 1.....	34
ABBILDUNG 20 FLÄCHE FÜR ABSCHNITT 2 .....	34
ABBILDUNG 21 FLÄCHE FÜR ABSCHNITT 3 .....	35
ABBILDUNG 22 FLÄCHE FÜR ABSCHNITT 4 .....	35
ABBILDUNG 23 TEILBEREICHE DES RECHNUNGSWESENS .....	47
ABBILDUNG 24 ZUSAMMENHANG ZWISCHEN KOSTENARTEN, KOSTENSTELLEN UND KOSTENTRÄGERRECHNUNG.....	49
ABBILDUNG 25 KOSTENRECHNUNGSMODELL FÜR TECHNISCHE BESCHNEIUNG .....	50
ABBILDUNG 26 KOSTENRECHNUNGSMODELL 2 FÜR TECHNISCHE BESCHNEIUNG (EIGENE DARSTELLUNG).....	51
ABBILDUNG 27 SCHIGEBIET UND PISTENPLAN ISCHGL .....	52
ABBILDUNG 28 KOSTENVERLAUF TECHNISCHE BESCHNEIUNG .....	59
ABBILDUNG 29 GESAMTKOSTEN DURCH LANZEN .....	61
ABBILDUNG 30 GESAMTKOSTEN PROPELLER UND LANZEN.....	63
ABBILDUNG 31 PREIS PRO KUBIKMETER SCHNEE .....	64
ABBILDUNG 32 14 TAGE TEMPERATUR TREND.....	65
ABBILDUNG 33 VERLAUF SCHNEEMENGE UND KOSTEN .....	68
ABBILDUNG 34 DARSTELLUNG PISTENMANAGEMENT .....	70

# III Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 FEUCHTKUGELTEMPERATUR IN ABHÄNGIGKEIT DER LUFTTEMPERATUR UND REL. LUFTFEUCHTIGKEIT .....	10
TABELLE 2 WASSERDURCHSATZ SCHNEEANLAGE .....	20
TABELLE 3 WASSER - SCHNEEVERHÄLTNIS .....	22
TABELLE 4 AUFLISTUNG STRECKENABSCHNITTE.....	36
TABELLE 5 SCHNEEMENGE FÜR STRECKE .....	37
TABELLE 6 WASSERMENGE FÜR STRECKE .....	38
TABELLE 7 WASSERBEDARF PRO SEKUNDE FÜR STRECKE.....	39
TABELLE 8 BERECHNUNG SPEICHERVOLUMEN .....	40
TABELLE 9 WASSERDURCHSATZ IN ABHÄNGIGKEIT DER FEUCHTKUGELTEMPERATUR.....	42
TABELLE 10 MASCHINENBELEGUNG ÜBER WASSERDURCHSATZ .....	43
TABELLE 11 ENERGIEVERBRAUCH PUMPE.....	44
TABELLE 12 MODELLE ZUR KOSTENRECHNUNG .....	48
TABELLE 13 INVESTITIONSÜBERSICHT TECHNISCHE BESCHNEIUNG .....	55
TABELLE 14 BETRIEBSKOSTEN TECHNISCHE BESCHNEIUNG .....	56
TABELLE 15 GESAMTKOSTENANALYSE.....	58
TABELLE 16 GESAMTKOSTENENTWICKLUNG DURCH LANZEN .....	60
TABELLE 17 GESAMTKOSTENANALYSE PROPELLER.....	62
TABELLE 18 BERECHNETE KOSTEN DURCH WETTERBERICHT .....	66
TABELLE 19 PREISSENKUNG BEI FORTLAUFENDER PRODUKTION .....	67

## IV Abkürzungsverzeichnis

u.a.	unter anderem
e.v.	eventuell
HM	Höhenmeter
L/s	Liter pro Sekunde
L/h	Liter pro Stunde
L/min.	Liter pro Minute
m	Meter
cm	Zentimeter
ha	Hektar
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
m/s	Meter pro Sekunde
m <sup>3</sup> /h	Kubikmeter pro Stunde
kg/m <sup>3</sup>	Kilogramm pro Kubikmeter
hPa	hekto Pascal
bzw.	beziehungsweise
tf	Feuchtkugeltemperatur
K	Kelvin
°C	Grad Celsius
€	Euro
€/m <sup>3</sup>	Euro pro Kubikmeter
KW	Kilowatt
KWH	Kilowattstunde
€/KWH	Euro pro Kilowattstunde
Max.	Maximum

Min.	Minimum
d.h.	das heißt
ü.M.	über dem Meer
m/s	Meter pro Sekunde
FH	Fachhochschule
µm	Mikrometer
TCO	Total Cost of Ownership
Vgl.	Verglichen
incl.	inklusive
Mill.	Millionen



# V Vorwort

Schifahren in den Bergen begeistert mich seit der Kindheit. Vor ca. 15 Jahren konnten wir in den späten Sommermonaten am Gletscher bei optimalen Bedingungen noch Schifahren. In den letzten Jahren ist es nur noch auf einigen wenigen, höher gelegenen Gletschergebieten möglich, da die Gletscher immer mehr schmelzen. Heute ist die technische Beschneigung auf über 2500 m auf dem Vormarsch, was zur damaligen Zeit noch nicht vorstellbar war. Die dünner werdende Gletschereisdecke, auf denen Schipisten verlaufen, wird beschneit damit der Saisonstart Ende September erfolgen kann.

Im Dezember 2013, nach einer langen Wärmeperiode in der es nicht möglich war die Beschneiungsanlagen zu betreiben, hat sich für mich die Frage gestellt, wie ein strategisches Management zu diesem Thema aussehen könnte. Interessant war auch das Phänomen, dass zahlreiche Schigebiete auf einigen Schneedepots sitzen geblieben sind. Die Anlagen wurden in der kurzen Zeit, in welcher es möglich war, betrieben, konnten aber zu wenig Schnee erzeugen um den Schibetrieb aufzunehmen.

Die Zusammensetzung der Kosten sowie die Wirtschaftlichkeit der technischen Beschneiungsanlagen ist ein komplexes Thema mit Faktoren, die nicht beeinflusst werden können. Es ist auch abhängig wo dieses Schigebiet liegt und welche klimatischen Bedingungen vorherrschen.

Nach dem mich die technische Auslegung einer Beschneiungsanlage interessiert hat, wollte ich mit den erlernten wirtschaftlichen Erkenntnissen aus dem Studium diese Arbeit erstellen.

## VI Danksagung

Einen herzlichen Dank für die Betreuung der Arbeit möchte ich Herr Professor Dr. Andreas Hollidt aussprechen. Über 4 Monate hinweg wurde ich zur Erfassung der Arbeit unterstützt und habe nützliche Hinweise bekommen. Einen weiteren Dank möchte ich auch Herr Markus Walser, Betriebsleiter Seilbahnen Ischgl-Samnaun, für die zur Verfügung Stellung von Informationsmaterial, Literatur und das Fachgespräch bedanken. Der Firma Technoalpin Herr Martin Eppacher, der mir in einem Fachgespräch über die Auslegung und Projektierung von technischen Schneeerzeuger Informationen bereitgestellt hat. Bei den Arlberger Bergbahnen an Herr Christian Raas, der mir ebenfalls in einem Gespräch Möglichkeiten und die Vorgehensweise bei der Einsatzplanung näher gebracht hat. Zuletzt möchte ich auch noch meiner Familie danken, die mir neben meiner beruflichen Arbeit die zeitlichen Möglichkeiten für dieses interessante Thema gegeben haben.



# 1 Kapitel A Einführung technische

## Schneeerzeugung

### Problemstellung

Aufgrund der klimatischen Veränderungen werden in den Alpen immer mehr Maschinen zur Schneeerzeugung eingesetzt. Da es mittlerweile eine Vielzahl von Schneeerzeugern gibt und die meisten Schigebiete über eine grössere Anzahl unterschiedlichster Typen verfügen, kann von einem regelrechten Maschinenpark, sogenannten Beschneiungsanlagen, gesprochen werden. Jahr für Jahr geben Seilbahnbetreiber mehrere Millionen € für die Beschaffung und Betreuung von technischen Schneeerzeugern aus, um den Schisport und Wintertourismus zu sichern. Verfolgt man die verschiedensten Studien zur Klimaentwicklung werden die Winter in den nächsten Jahrzehnten immer wärmer und die Zeiten, an denen eine Beschneiung möglich ist, werden immer kürzer. Die technische Schneeerzeugung sichert den Seilbahnbetreibern den Start der Schisaison und in weiterer Folge den Betrieb über den ganzen Winter. Kann die Schisaison nicht gestartet werden, sind fehlende Einnahmen zu verzeichnen, welche wiederum wirtschaftliche Schwierigkeiten verursachen können. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird eine Kostenanalyse über das Betreiben von technischen Schneeerzeugern durchgeführt. Die meteorologischen Gegebenheiten, insbesondere die Lufttemperatur, haben sehr starken Einfluss auf die Betreuung von Schneeerzeuger, was zu Abweichungen im Kostenbereich führt.

Aus Interviews mit sämtlichen Seilbahnbetreibern werden die Kosten für die technische Beschneiung vor einer Schisaison in der kurzfristigen, operativen Planung nicht berücksichtigt. Die technische Schneeerzeugung erfolgt, sobald es die meteorologischen Bedingungen zulassen. In fortlaufenden Analysen wird entschieden, ob während der Saison weiterhin Schnee produziert wird.

Ziel dieser Arbeit ist es, unter Abhängigkeit verschiedenster meteorologischer Einflüsse eine Kostenanalyse der technischen Beschneiung zu erstellen und daraus ein Instrument für die Planung abzuleiten. Mit einem vorhandenen Maschinenpark sollen die Kosten vor dem Betrieb annähernd ermittelt werden. Eine exakte Ermittlung ist aufgrund der vielen wechselnden Einflussfaktoren nicht möglich. Es können nur Verfahren angewendet werden, die eine Annäherung an den exakten Wert erlauben.

# Einleitung

Nach dem mich der Schisport seit der Kindheit begeistert und ich während meiner schulischen Ausbildungen als Schilehrer und Trainer gearbeitet habe, konnte ich die Entwicklung der technischen Schneeerzeuger in den vergangenen 20 Jahren miterleben. Fasziniert von der Technik und den Maschinen, die von den Seilbahnbetreibern eingesetzt werden, möchte ich in dieser Arbeit auf die Kostenursachen der technischen Beschneigung eingehen. Die Ausübung des Schisports ist mit einer sehr starken Naturverbundenheit konfrontiert. An schönen Tagen mit den Schiliften auf die Gipfel der Bergspitzen zu fahren und die Aussicht zu genießen, bedeutet für viele Menschen dem normalen Lebensalltag zu entkommen. Um dem Schisport nachzukommen, werden von den Gästen mittlerweile Tageskartenpreise von bis zu 50 € bezahlt. Die Preise sind sehr stark von der Größe und der Anzahl der Liftanlagen abhängig. In den Preisen für eine Tageskarte sind bereits die Kosten für die technische Schneeerzeugung berücksichtigt. Wie sich die Kosten für die technische Schneeerzeugung zusammensetzen und welche Kosten der Betrieb von technischen Schneeerzeugern verursacht, wird auf den folgenden Seiten dieser Arbeit erläutert. Nach einer kurzen Einführung in Kapitel 1 über die Bedeutung des Tourismus in Österreich, einigen meteorologischen Grundlagen wie Schnee entsteht, wird in Kapitel 2 der Aufbau und das Funktionsprinzip technische Schneeerzeugung erörtert. In Kapitel 3 wird eine Projektierung vorgestellt, wie die notwendigen Daten für die Kostenbetrachtung erfasst werden können. In Kapitel 4, dem Herzstück der Arbeit, möchte ich Modelle des Kostenmanagements von technischen Schneeerzeugern vorstellen. In Kapitel 5 werden die durchgeführten Analysen nochmals betrachtet und eine Schlussfolgerung gezogen.

## 1.1 Tourismus in Österreich

Viele Menschen sind Wintersport begeistert, das bestätigen jährliche Aufzeichnungen sämtlicher Tourismusverbände. Millionen von Touristen strömen über die Wintermonate nach Österreich. Aktuellste Statistiken vom österreichischen Tourismusverband zeigen, dass in der Wintersaison 2012/13 16,7 Millionen Ankünfte und 65.6 Millionen Nächtigungen in den österreichischen Fremdenverkehrsbetrieben erfasst wurden (Quelle: Statistik Austria Mai, 2014). <sup>1</sup>Im Winter gibt ein Gast in Österreich 131 € pro Tag Aufenthalt aus (Stand 2008). Diese Zahlen zeigen, dass der Wintertourismus für die österreichische Volkswirtschaft von immenser Bedeutung ist. Durchgeführte Umfragen unter den Gästen bestätigen, dass einer der Hauptgründe für einen Urlaub in Österreich das Schifahren ist. Aus dem Bericht, die ökonomische Bedeutung des Wintersports in Österreich, Jahresbericht 2009, geht hervor, dass 78 % der Urlaubsgäste aktiven Skitourismus betreiben. Können Seilbahnen aufgrund Schneemangels nicht betrieben werden, würden viel weniger Gäste in Österreich Urlaub machen und dem Staat gehen beträchtliche Einnahmen verloren. Aufgrund der klimatischen Veränderungen werden die Tage, an denen Schnee fällt, immer weniger. Die zunehmende Erwärmung führt auch dazu, dass der Schnee schneller schmilzt - Tallagen sind stärker betroffen als Bergregionen. All dies sind Gründe warum die technische Beschneigung seit Jahren ihren Fortschritt nimmt. Um technischen Schnee erzeugen zu können, benötigt es Maschinen welche mit Wasser, Strom, Druckluft und Leitungsmaterial versorgt werden müssen. Je mehr Maschinen man einsetzt, umso größer ist die zugehörige Anlageninfrastruktur und damit verbunden die Investitionen. Wurden in den 90er Jahren Maschinen zur Beschneigung von Teilflächen der Schipisten verwendet, ist in den letzten Jahren die flächenmäßige und komplette Beschneigung der Schigebiete auf dem Vormarsch.

## 1.2 Seilbahnbetriebe in Österreich

Die Seilbahnunternehmen in Österreich sind mittlerweile ein wichtiger Arbeitgeber und haben durch ihre jährlichen Investitionen auch einen wichtigen volkswirtschaftlichen Charakter.

„Die 254 Seilbahnunternehmen Österreichs haben im Betriebsjahr 2010 in Summe 562 Millionen Euro investiert, 153 Millionen davon flossen in die technische Beschneigung“ (Backstage Magazine Techno Alpin, 2014). <sup>2</sup>Der Anteil an den Gesamtkosten der durch

---

<sup>1</sup> Vgl. Arbesser, 2014, S.11-14.

<sup>2</sup> vgl. Wirtschaftskammer Tirol, Wirtschaftsbericht 2007, S.28.

die technische Beschneieung anfällt, beträgt ca. 17 % - 20 %. Ein Großteil von diesem Wert kann den hohen Investitionskosten zugeordnet werden.

Interessant ist auch, die Zuordnung der Seilbahnunternehmen in Umsatzklassen wie aus Abbildung 1 zu entnehmen ist.

## Struktur der Seilbahnwirtschaft

### Umsatzgruppen nach Bundesland

Bundesland	1	2	3	4	Summe aller Betriebe exkl. Gletscherbetriebe	Gletscher- betriebe	Summe aller Betriebe inkl. Gletscherbetriebe
Kärnten	10	7	3	2	22	1	23
Niederösterreich	5	5	1	0	11		11
Oberösterreich	4	3	1	1	9		9
Salzburg	11	23	5	12	51	1	52
Steiermark	15	12	1	2	30		30
Tirol	21	36	16	13	86	5	91
Vorarlberg	16	12	5	5	38		38
<b>Summe</b>	<b>82</b>	<b>98</b>	<b>32</b>	<b>38</b>	<b>242</b>	<b>7</b>	<b>249</b>

- 1: Umsatzklasse 1 mit Jahresumsatz bis 750 Tsd €
- 2: Umsatzklasse 2 mit Jahresumsatz von 750 Tsd bis 4,5 Mio. €
- 3: Umsatzklasse 3 mit Jahresumsatz von 4,5 bis 7,5 Mio. €
- 4: Umsatzklasse 4 mit Jahresumsatz über 7,5 Mio. €

Abbildung 1 <sup>3</sup>Umsatzklassen Seilbahnunternehmen.

Spricht man umsatztechnisch von kleinen Unternehmen, sind diese sicherlich in Kategorie 1 zu sehen, dies sind nach dieser Studie immerhin 32 % aller Seilbahnbetriebe. Bedenkt man, dass diese 32 % mit einem Jahresumsatz bis 750 000 € arbeiten, kommt dem Kostenmanagement in Blickrichtung technische Beschneieung große Bedeutung zu. Wie im weiteren Verlauf der Arbeit ersichtlich wird, sind Investitionen in die technische Beschneieung notwendig die jenseits dieser Umsatzklasse liegen.

<sup>3</sup> Quelle: Wirtschaftsbericht der Seilbahnen Wintersaison 2012/13, S.8.

### 1.3 Wintersport durch technische Schneeerzeugung

In der Literatur, Zeitschriften und im sprachlichen Gebrauch wird sehr oft der Begriff „Kunstschnee“ verwendet. In der folgenden Arbeit werde ich für die Schneeerzeugung durch Maschinen ausschließlich den Begriff technischer Schnee bzw. technische Schneeerzeugung verwenden. Im Wort Kunstschnee steht oftmals eine Verbindung zu künstlichen Hilfsmitteln im Raum. Bei der Schneeerzeugung für Schipisten in Österreich werden zur Schonung der Umwelt keine chemischen (künstlichen) Hilfsmittel eingesetzt. Dennoch gibt es Anlagen, welche Schnee mit Hilfe von chemischen Zusätzen erzeugen, der Vorteil dieser Technik ist die Schneeerzeugung bei Temperaturen über 0°C. Der Aufbau und die Darstellung technischer Schneeerzeuger wird unter Kapitel 2 ausführlich dargestellt.

Die Begriffe Piste und Strecke werden in der Arbeit in einem Zusammenhang gesehen, Piste ist der Flächenbereich der zum Schifahren genutzt werden kann, Strecke ist die Fläche die technisch beschneit wird.

Im Zuge des Begriffs und oftmals verwendeten Wortes Schneesicherheit findet man in der Literatur nur wenige Definitionen. Eine Definition zum Thema Schneesicherheit lautet „Wenn in 7 von 10 Wintern in der Zeit vom 1. Dezember – 15. April an mindestens 100 Tagen für den Wintersport ausreichende Schneedecke von mindestens 30 bis 50 cm vorhanden ist“ (Bürki, 2000 S.42).

Ob diese Aussage allgemein gültigen Charakter hat, muss teilweise auch kritisch betrachtet werden. Kleine Schigebiete, außerhalb großer Tourismusdestinationen, haben in der Nebensaison deutlich weniger Betrieb als in der Hauptsaison. Dies hängt teilweise damit zusammen, dass die einheimischen Kinder und Eltern zu Weihnachten und Fasching auch in kleinen Schigebieten Schifahren und sie Mitglieder der örtlichen Schivereine sind, die in den Ferienzeiten Schikurse und Trainingsmöglichkeiten anbieten. In diesen Gebieten ist ab Mitte März nur mehr wenig Betrieb, Betriebskosten müssten dennoch getragen werden, was wenig Sinn macht. Werden Verluste in der Nebensaison eingefahren, belastet das den Gewinn aus der Hauptsaison. Zudem ist auch die Formulierung für eine ausreichende Schneedecke von mindestens 30 bis 50 cm nicht allgemein zutreffend. Wie viel Schnee für eine Schipiste benötigt wird, ist u.a. auch sehr stark von der Bodenbeschaffung (Wiese, Steine, Wege), geographischen Form (Mulden, Steiles Gelände, Flachstück), Meereshöhe und Sonneneinstrahlung abhängig. Beispielsweise können 15 bis 20 cm auf flacherem Gelände ausreichen, während im steilen Gelände mit steinigem Untergrund 40 bis 60 cm benötigt werden.

Aus diesen Gründen ist es von Wichtigkeit, dass die einzelnen Schigebiete ihre wirtschaftlichen Planungen für die technische Beschneigung individuell durchführen. In Kapitel 3 und 4 werden die wirtschaftlichen Hintergründe der technischen Beschneigung detailliert dargestellt.

## **1.4 Meteorologische Einflussfaktoren auf die Entstehung von Schnee**

In der Atmosphäre muss eine Vielzahl von komplexen Vorgängen für die Entstehung von Schnee ablaufen. Die wechselnden Einflussfaktoren lassen verschiedene Arten von Schnee entstehen. Welche Einflüsse der Zusammenhang der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit hat, wird in den nächsten Punkten näher eingegangen.

### **1.4.1 Atmosphäre**

<sup>4</sup>Als Atmosphäre wird die gasförmige Hülle eines Himmelskörpers bezeichnet, im speziellen die Lufthülle der Erde. Das Leben auf der Erde möglich ist, hat die Atmosphäre einen entscheidenden Einfluss. Die ablaufenden physikalischen Prozesse werden als Wetter bezeichnet. Die Atmosphäre setzt sich aus einem Gasgemisch zusammen (Stickstoff 78,08 % und Sauerstoff 20,95 % sowie noch restlichen Gasen). Aufgrund der Temperaturverteilung ergibt sich ein stockwerkartiger Aufbau der Atmosphäre. Dieser gliedert sich in die Troposphäre (bis 12 KM Höhe in gemäßigten Breiten, bis 16 Kilometer über dem Äquator), in der sich das Wetter abspielt, in die Stratosphäre (bis 50 KM Höhe), in die Mesosphäre (50 bis 80 KM Höhe), in die Thermosphäre von 80 bis 480 KM Höhe und in die Exosphäre oberhalb von 480 KM Höhe.

### **1.4.2 Temperatur**

<sup>5</sup>Der Wärmezustand der Luft wird über die Temperatur gemessen und beschreibt thermodynamisch den Bewegungszustand der Moleküle. Die Einheit der Temperatur Skala ist gemäß dem internationalen Einheitensystem (SI) das Kelvin (K). In der Klimatologie ist aber die Verwendung der Celsius Skala (°C) weit verbreitet, die in Anlehnung an die Aggregatzustände des Wassers abgeleitet wurde. Der Nullpunkt der Celsius Skala entspricht der Schmelztemperatur des Eises (0°C = Gefrierpunkt). Ein weiterer Fixpunkt der Skala ist der Siedepunkt des Wassers (100°C bei normalem

---

<sup>4</sup> Vgl. [www.fu-berlin.de](http://www.fu-berlin.de), 2014.

<sup>5</sup> Vgl. Kappas, 2009, S. 92.

Luftdruck von 1013,25 hPa). Die Einheiten der Temperaturen sind gleich und lassen sich leicht umrechnen

$$K = ^\circ C + 273,15 \text{ und } ^\circ C = K - 273,15$$

Eine niedrige Lufttemperatur ab ca. 0°C ist für die technische Schneeerzeugung Voraussetzung.

### **1.4.3 Luftfeuchtigkeit**

„Die Luftfeuchtigkeit, oder kurz Luftfeuchte, bezeichnet den Anteil des Wasserdampfes am Gasgemisch der Erdatmosphäre oder in Räumen.“ (Schönfelder, Hering, 2012, S.471).

#### **1.4.3.1 Absolute Luftfeuchtigkeit**

„Die absolute Luftfeuchtigkeit ( $\text{g/m}^3$ ) gibt die Masse des Wasserdampfes in einem bestimmten Luftvolumen an. Sie ist unabhängig von der Temperatur.“ (Schönfelder, Hering, 2012, S. 472)

#### **1.4.3.2 Relative Luftfeuchtigkeit**

„Die relative Luftfeuchtigkeit beschreibt das Verhältnis von absoluter Feuchte zur Sättigungsfeuchte bei einer bestimmten Temperatur und einem bestimmten Luftdruck. Sie gibt an, in welchem Grad die Luft mit Wasser angereichert ist.“ (Schönfelder, Hering, 2012, S. 472)

#### **1.4.3.3 Feuchtkugeltemperatur**

Ein sehr oft betrachteter und verwendeter Begriff in der technischen Beschneigung ist die Feuchtkugeltemperatur.

„Die Feuchtkugeltemperatur, ist die tiefste Temperatur, die sich durch Verdunstungskühlung erreichen lässt. Dabei steht die Wasserabgabe einer feuchten Oberfläche mit dem Wasseraufnahmevermögen der umgebenden Atmosphäre im Gleichgewicht und das umgebende Gas wird mit Dampf gesättigt. Aufgrund der Verdunstungskälte liegt die Kühlgrenztemperatur in Abhängigkeit von der relevanten Luftfeuchte unterhalb der Lufttemperatur.

Die Temperaturabsenkung ist dabei umso grösser, je trockener die umgebende Luft ist. Die Feuchtkugeltemperatur wird auch oftmals Kühlgrenztemperatur genannt.“

(www.schweizer-fn.de, 2014)

Mittels eines Psychrometers kann die Luftfeuchtigkeit und daraus die Trockentemperatur und die Feuchtttemperatur gemessen werden.

<sup>6</sup>Um die Feuchtkugelttemperatur für die technische Beschneigung zu nutzen wurde eine Tabelle erstellt, die den häufigsten Bereich abdeckt. In Tabelle 1 sehen wir die Werte für die Feuchtkugelttemperatur (tf) die sich aus der jeweiligen Lufttemperatur und relativen Luftfeuchtigkeit ergeben.

Relative Luftfeuchtigkeit %	Lufttemperatur °Celsius															
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
100	-10.0	-9.0	-8.0	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
90	-10.3	-9.3	-8.4	-7.4	-6.4	-5.4	-4.5	-3.5	-2.5	-1.6	-0.6	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3
80	-10.6	-9.7	-8.7	-7.8	-6.8	-5.9	-4.9	-4	-3.1	-2.1	-1.2	-0.3	0.7	1.6	2.6	3.5
70	-11	-10	-9.1	-8.2	-7.3	-6.3	-5.4	-4.5	-3.6	-2.7	-1.8	-0.9	0	0.9	1.8	2.7
60	-11.3	-10.4	-9.5	-8.6	-7.7	-6.8	-5.9	-5	-4.2	-3.3	-2.4	-1.5	-0.7	0.2	1	1.9
50	-11.6	-10.7	-9.9	-9	-8.1	-7.3	-6.4	-5.6	-4.7	-3.9	-3	-2.2	-1.4	-0.6	0.3	1.1
40	-12	-11.1	-10.2	-9.4	-8.6	-7.7	-6.9	-6.1	-5.3	-4.5	-3.7	-2.9	-2.1	-1.3	-0.5	0.3
30	-12.3	-11.5	-10.6	-9.8	-9	-8.2	-7.4	-6.6	-5.8	-5.1	-4.3	-3.6	-2.8	-2.1	-1.3	-0.6
20	-12.6	-11.8	-11	-10.2	-9.5	-8.7	-7.9	-7.2	-6.4	-5.7	-5	-4.3	-3.5	-2.8	-2.1	-1.5
10	-13	-12.2	-11.4	-10.7	-9.9	-9.2	-8.4	-7.7	-7	-6.3	-5.6	-5	-4.3	-3.6	-3	-2.3

Tabelle 1 <sup>7</sup>Feuchtkugelttemperatur in Abhängigkeit der Lufttemperatur und rel. Luftfeuchtigkeit

Beispielsweise erreicht man bei einer Lufttemperatur von -2°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 % eine Feuchtkugelttemperatur von -5,3°tf.

In der Beschneigung wird oft die Formulierung „Beschneigung im Grenztemperaturbereich“ verwendet. Der Grenztemperaturbereich ist jener Bereich, bei dem die Schneeerzeugung qualitativ und wirtschaftlich noch sinnvoll ist. Qualitative Schneeerzeugung bedeutet, dass der Schnee nicht zu nass ist bzw. zu viel Wasseranteil in der Schneedecke vorhanden ist. Ein allgemein verbreiteter Wert der in Projektierungen verwendet wird, ist mit 400 kg/m<sup>3</sup> Schnee angegeben, bzw. ein Bereich von 360 bis 430 kg/m<sup>3</sup>. Im Vergleich dazu Wasser hat eine Dichte von 1000 kg/m<sup>3</sup>. Wirtschaftlich bedeutet, dass der Output der Schneemenge bei steigender Temperatur sinkt um die notwendige Qualität noch einhalten zu können.

Der Grenztemperaturbereich wird ab -3°Feuchtkugelttemperatur (tf) angegeben, dieser Wert kann bereits bei +4°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 10 % erreicht werden. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird der Begriff Feuchtkugelttemperatur und den

<sup>6</sup> Vgl. [www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com), 2014.

<sup>7</sup> eigene Ausarbeitung.



Zusammenhang der wirtschaftlichen Auswirkungen in der technischen Beschneigung noch öfters erwähnt.

#### 1.4.4 Wie entsteht Schnee?

Wenn folgende Bedingungen in der Atmosphäre erfüllt sind entsteht Schnee:

- die Lufttemperatur kleiner 0°C ist,
- die Luftfeuchtigkeit genügend hoch ist und
- Kondensations- und Eisbildungskeime vorhanden sind.

„In einer Wolke kondensiert Wasserdampf an Kondensationskeimen (z.B. Russpartikel, Pollen, Salze) und feinste, unterkühlte Wassertröpfchen gefrieren an Eisbildungskeimen (Kristallisationskeimen), die eine ähnliche Kristallstruktur wie Eis aufweisen (z.B. Tonminerale) und deutlich seltener vorkommen als Kondensationskeime.“ (Fellin, 2013, S.46).

„Je nach Temperatur und Wasserdampfdichte entstehen verschiedene Kristallformen in den Wolken.“ (Fellin, 2013, S.47). In Abbildung 2 sind die verschiedenen Formen von Schnee dargestellt.

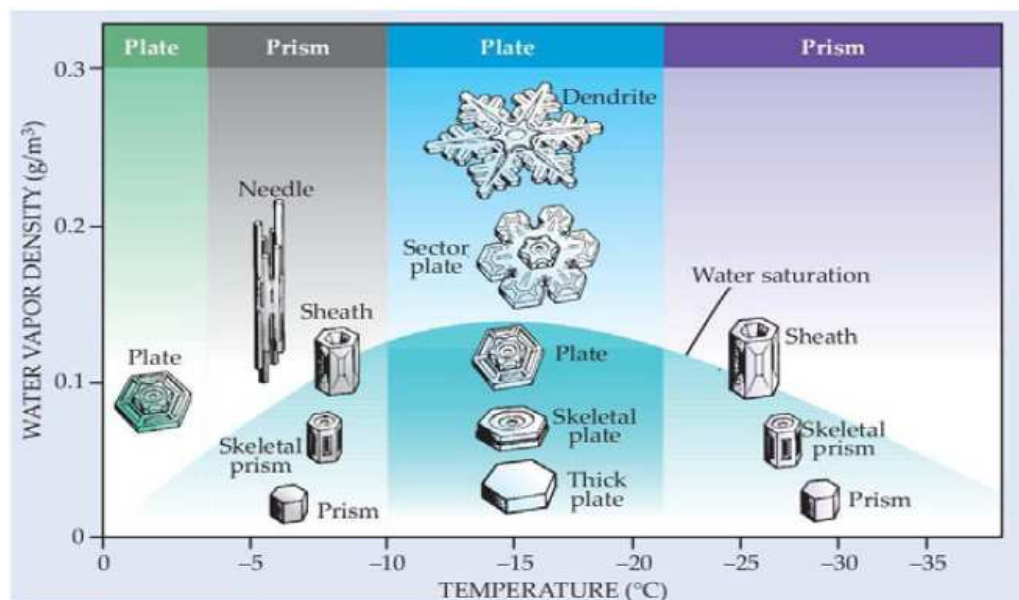


Abbildung 2 <sup>8</sup>Formen von Schnee – Nakaya Diagramm

<sup>8</sup> Quelle: Einführung in die Eis- Schnee- und Lawinenteknik, Wolfgang Fellin 2013, S.47.

### 1.4.5 Klimatische Veränderungen

Die Klimaveränderung ist seit mehreren Jahren Bestandteil von Berichterstattungen. Eine Studie nach der anderen präsentieren Szenarien der Klimaerwärmung in den nächsten Jahrzehnten. Die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik bietet auf ihrer Webseite [www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at) ausführliche Aufzeichnungen zum Klima der letzten Jahre.<sup>9</sup> Der Wetterrückblick von 2013 hat gezeigt, dass das Jahr 2013 eines der wärmsten Jahre in der Messgeschichte überhaupt war. Temperaturrekorde von 40,5°C wurden in Österreich im August erreicht. Ein weiterer interessanter Vergleich aus dem Jahresbericht ist der Verweis, dass von den 25 wärmsten Jahren der Messgeschichte 17 Jahre seit 1989 gegeben hat. In den letzten Jahren sind vermehrt extreme Unterschiede im Klimabereich in kurzen Zeitabständen zu erkennen, die Temperaturschwankungen innerhalb eines Jahres nehmen zu. Zum Beispiel hatte es im Februar 2012 in Raggl -15°C und ein halbes Jahr später im August 2012, 31°C, ein Unterschied von 46°C. Diese Phänomene sind auch im Niederschlag zu erkennen, Hochwasser im Juni, Dürre im August waren in den letzten Jahren keine Seltenheit.

„Im 21. Jahrhundert wird mit einer weiteren erheblichen Erwärmung des Alpenraums gerechnet. Nach Modellberechnungen mit dem regionalen Klimamodell REMO kann es zu einer mittleren Erwärmung zwischen 3°C und 4,5°C kommen. Die Menge der Jahresniederschläge ändert sich wenig, die jahreszeitlichen Unterschiede können sich allerdings weiter verstärken. Die Nullgradgrenze kann in den Wintermonaten bis zum Ende des Jahrhunderts um ca. 650 m steigen. Das bedeutet für Regionen, die zwischen 1000 m und 1500 m liegen, eine Abnahme der Schneefallmenge um bis zu 60 %.“

([www.wiki.bildungsserver.de](http://www.wiki.bildungsserver.de), 2014)

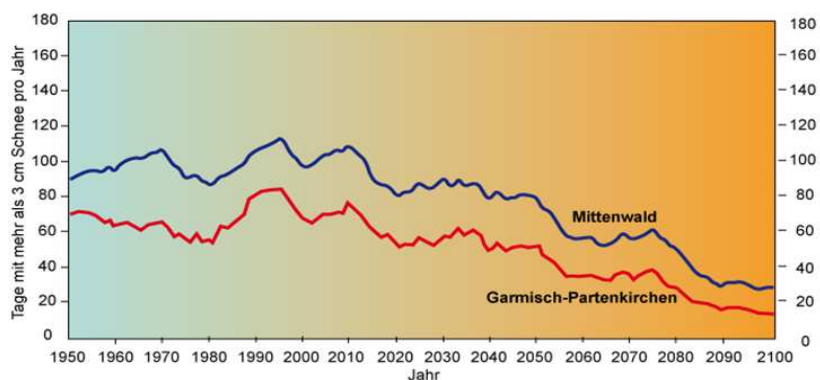


Abbildung 3 <sup>10</sup>Prognose für Schneetage im Jahr mit mehr als 3 cm Schnee

<sup>9</sup> Vgl. [www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at), 2014.

<sup>10</sup> [www.wiki.bildungsserver.de](http://www.wiki.bildungsserver.de), 2014.

## 1.5 Topographische Einflussfaktoren auf die Entstehung von Schnee

„Die topographische Karte ist eine verkleinerte, auf eine Ebene projizierte Darstellung eines Teiles der Erdoberfläche. Geländeformen, Verkehrs- und Gewässernetz, Bebauung und Bodenbewachsung sowie Einzelobjekte werden durch Linien, Punkte, Zeichen und Farbflächen möglichst vollständig wiedergegeben.

Die Vollständigkeit der Karte hängt vom Maßstab, dem Verkleinerungsverhältnis ab. Mit kleiner werdendem Maßstab nimmt die verfügbare Kartenfläche ab, wodurch die Darstellung der Vielzahl von Einzelheiten begrenzt wird“ (<http://ftec.cfasp.de>, 2014).

### 1.5.1 Geländeformen

Die Geländeformen haben auf die Schneeerzeugung bzw. auf das Beschneiungsmanagement einen sehr starken Einfluss. Die Steilheit des Geländes hat einen Einfluss auf die Schneemenge, die benötigt wird und produziert werden muss. Flaches Gelände, wie ein Sattel oder eine Kuppe, werden geringere Schneemengen benötigt als auf einem Grat oder Rücken. Auf Abbildung 4 werden verschiedene Geländeformen dargestellt.

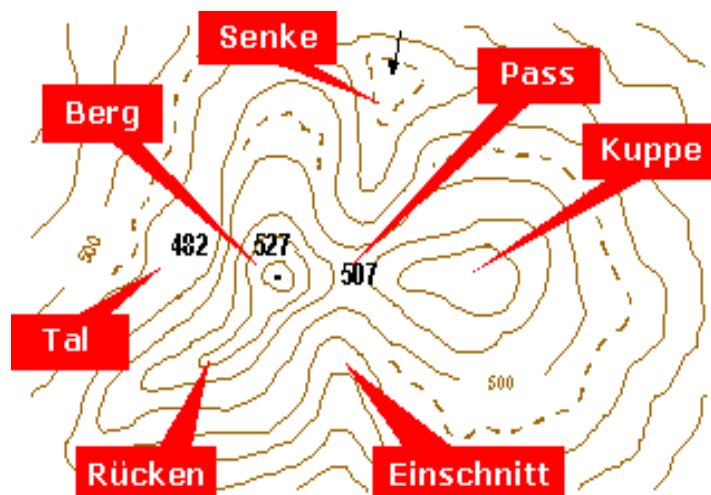


Abbildung 4 <sup>11</sup>Höhenformen.

<sup>11</sup> Quelle: <http://ftec.cfasp.de>, 2014.

## 1.5.2 Meereshöhe

„Höhen über dem Meeresspiegel (auch See- oder Meereshöhe) dienen der Höhenangabe von geografischen und technischen Objekten, insbesondere von Höhen der Erdoberfläche (Gelände, Berggipfel), von Ortschaften und Verkehrswegen. Als Nullniveau wird dabei meist der mittlere Meeresspiegel definiert, der aus langjährigen Beobachtungen von speziellen Pegelstationen ermittelt wird.“ ([www.http://de.wikipedia.org](http://de.wikipedia.org), 2014)

Die Meereshöhe hat einen Einfluss auf die Geländeformen und auf die Temperatur in denen sich die Schigebiete befinden. In den meisten Situationen ist es auf den Bergen immer kälter wie in den Tallagen, dabei spielt die Meereshöhe eine entscheidende Rolle.

<sup>12</sup>Es gibt aber auch Wetterphänomene, wie z.B. die Inversionswetterlage, bei welcher es in Tallagen kälter ist als auf den Bergen. In Schigebieten sind Höhenunterschiede im größeren Ausmaß üblich. Die Temperaturbereiche können daher sehr stark variieren. Während eine Beschneigung auf 2000 m Meereshöhe möglich ist, können im Tal Plus Grade vorherrschen und die technische Beschneigung ist nicht möglich.

## 1.6 Zusammenfassung Kapitel A

Mit den Punkten in Kapitel 1 wurden einige Hintergründe und Grundlagen für den Einsatz der technischen Schneeerzeugung dargestellt. Die allgemeinen wirtschaftlichen Aspekte wurden in den Punkten 1.1., 1.2. und 1.3 dargestellt. Wie aus zahlreichen Datenerhebungen hervorgeht, hat der Wintertourismus einen bedeutenden volkswirtschaftlichen Anteil. Zahlreiche Touristen aus aller Welt besuchen Österreich um dem Wintersport, insbesondere dem Schifahren, nach zu kommen. Dies ist nur möglich, wenn genügend Schnee in den Schigebieten liegt und über die notwendige Infrastruktur und Qualität verfügt wird. Aufgrund der klimatischen Veränderungen werden Möglichkeiten gesucht, ausreichend Schnee für die Schipisten aufzubringen. Damit dies möglich ist, wird mit Hilfe der Technik Schnee erzeugt. Der Einsatz der Technik ist aber nur möglich, wenn die dargestellten meteorologischen Voraussetzungen in den unter Punkten von Kapitel 1.4 gegeben sind. Mit Hilfe von chemischen Zusätzen wäre es möglich, auch die meteorologischen Voraussetzungen zu beeinflussen und bei warmen Temperaturen Schnee zu produzieren, diese werden in Österreich aufgrund des Umweltbewusstseins nicht eingesetzt!

---

<sup>12</sup> Vgl. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org), 2014.

## **2 Kapitel B Aufbau von technischen Schneeerzeugern**

Um die Kostenstrukturen für die technische Schneeerzeugung zu erarbeiten, soll in diesem Kapitel das Funktionsprinzip der Schneeanlage dargestellt werden. Bei einer technischen Schneeanlage können Vergleiche mit einer Maschine oder Produktionsanlage in der Industrie durchgeführt werden. Schnee wird mit Hilfe des Rohstoffs Wasser produziert. Der Aufbau einer technischen Beschneiungsanlage richtet sich nach den Anforderungen, die im Schigebiet gegeben sind. Großflächige Pisten benötigen natürlich eine größere Infrastruktur und Anzahl von Maschinen als kleinflächige Pisten.

### **2.1 Aufbau und Funktion einer technischen Beschneiungsanlage**

In der unten angeführten Abbildung 5 wird das Schema einer technischen Beschneiungsanlage dargestellt. Um Schnee erzeugen zu können, wird das notwendige Wasser für die Maschinen in größeren Mengen, zum Beispiel in Form von künstlich angelegten Seen, gespeichert. Eine Zentrale versorgt über das Leitungsnetz die Maschinen mit den notwendigen Medien Wasser, Druckluft und Strom. Am Ende werden die zwei meist verwendeten Maschinen Hochdruck (Lanzen) und Niederdruck (Propeller) zur Schneeerzeugung eingesetzt.

In Abhängigkeit der Geländeformen, Meereshöhen, Wasserversorgung und Streckenlängen wird ein Anlagensystem wie in Abbildung 7 projiziert. Je länger die Strecke und je steiler das Gelände, umso mehr Schnee wird für den Schibetrieb benötigt, der Wasserverbrauch steigt ebenfalls.

In Abbildung 5 wird ein Funktionsprinzip einer technischen Beschneiungsanlage schematisch dargestellt. Das Prinzip ist immer gleich, die Anzahl der Schneeerzeuger am Ende ist variabel.

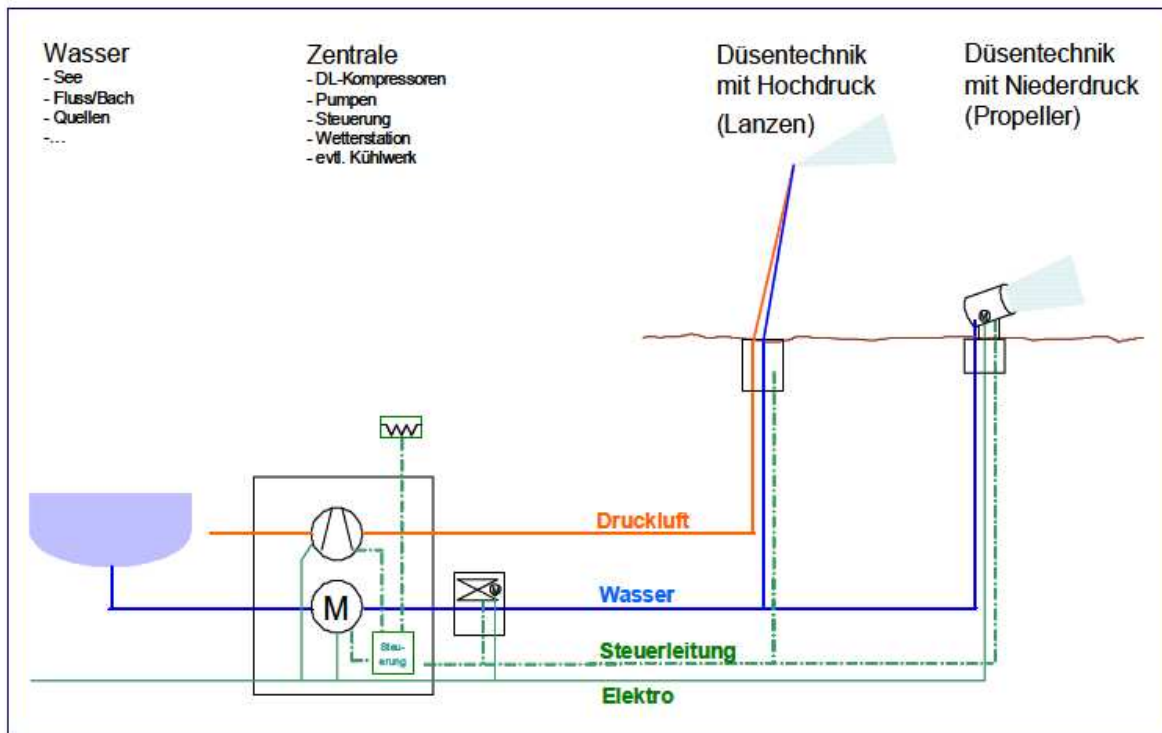


Abbildung 5 <sup>13</sup>Schema Beschneiungsanlage

<sup>13</sup> Quelle: Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und potientiale für Energiepotimierungen, schweizerische Eidgenossenschaft, 2014.

## 2.2 Maschinen zur Schneeerzeugung

Für die Erzeugung von Schnee gibt es mehrere Maschinenvarianten. In dieser Arbeit werden die zwei meist verbreiteten Maschinenformen Propellermaschinen und Lanzen erläutert.

### 2.2.1 Propellermaschinen



Abbildung 6 <sup>14</sup>Aufbau einer Propellermaschine

<sup>15</sup>Propellermaschinen werden als Niederdruckanlagen bezeichnet weil ein Propeller die Niederdruckluft erzeugt und die Wassertropfen, welche aus den Düsen treten, so in die Atmosphäre transportiert. Die Wassertropfen müssen in einer Grösse von ca. 100 – 900 µm durch die Wasserdüsen zerstäubt werden und die Nukleatoren sorgen für die Keimbildung, damit in der Atmosphäre aus den Tropfen kleine Eiskristalle werden. Das Prinzip der Schneebildung funktioniert gleich wie beim natürlichen Schneefall in Kapitel 1.4.4 erläutert.

<sup>14</sup>Quelle: [www.demaclenko.com](http://www.demaclenko.com), 2014.

<sup>15</sup> vgl. Beschneigungsmanagement Dorfmann, 2013, S.12.

<sup>16</sup>Bei der Auslegung von Propellermaschinen sind folgende Parameter zu berücksichtigen:

- Wasser mit einem Druck von ca. 10 – 60 bar (je nach Schnee-Erzeuger)
- elektrische Energie für den Betrieb des Gebläses
- elektrische Energie für den Betrieb eines Kompressors zur Herstellung der Druckluft für die Nukleisation
- alternativ dazu Druckluft mit ca. 4 bis 10 bar
- elektrische Energie für die Entfrostung und Kleinverbraucher

Aus dem Datenblatt von Propellermaschinen können zahlreiche Informationen für eine wirtschaftliche Betrachtung entnommen werden.

Die wichtigsten Informationen um wirtschaftliche Betrachtungen durchzuführen sind

- die elektrische Anschlussleistung für eine Betrachtung der Energiekosten
- der maximale Wasserdurchsatz
- der Schwenkbereich für die Möglichkeiten der flächenmässigen Beschneigung damit Maschinenkosten in der Präparierung gesenkt werden können
- die Wurfweite zur Bestimmung der Anschlussschächte und der Maschinenanzahl für den Bereich der Beschneigung
- der Maschinenpreis

Der Anschaffungspreis von Propellermaschinen beläuft sich zwischen 20 000 € und 30 000 €. Propellermaschinen, die mit einer vollautomatischen Steuerung ausgestattet sind, sind teurer als Maschinen, die manuell bzw. mit einer Zentralsteuerung an der Maschine ausgestattet sind. Über die abgenommene Stückzahl kann der Preis durch verschiedene Rabattformen gesenkt werden.

<sup>17</sup>Für die weiteren wirtschaftlichen Betrachtungen werden die technischen Daten einer Propellermaschine von demaclenco verwendet.

- |                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| • maximaler Wasserdurchsatz: | 8,2 Liter pro Sekunde        |
| • maximale Schneeproduktion  | 78 m <sup>3</sup> pro Stunde |
| • Wurfweite                  | 60 m                         |
| • Anschlussleistung          | 20 KW                        |
| • Schwenkbereich             | 360°                         |

---

<sup>16</sup> Vgl. Beschneiungsmanagement Dorfmann, S. 12.

<sup>17</sup> Quelle: [www.demaclenco.com](http://www.demaclenco.com), 2014.



## 2.2.2 Lanzen



Abbildung 7 <sup>18</sup>Schneilanze

<sup>19</sup>Das Lanzensystem (Hockdruckanlagen) hat ein ähnliches Prinzip wie jenes der Propellermaschinen (Niederdruckanlagen), wobei nicht Niederdruckluft (von einem Propeller hergestellt) sondern die Fallhöhe den Aufenthalt der Wassertropfen in der Atmosphäre verzögert und somit das Erstarren der Wassertropfen zu Eiskristallen ermöglicht. Lanzen sind gekennzeichnet mit einem langen Rohr, welches bei verschiedenen Systemen bis zu 10 m in die Höhe ragen kann. Am Ende des Rohres ist eine Art Kugel angebracht in dem durch kleine Bohrungen das Wasser zerstäubt und die Druckluft als Transportmedium für die Nukleisation verwendet wird.

Bei der Auslegung von Lanzen sind folgende Parameter zu berücksichtigen:

- Wasser mit einem Druck von ca. 8 bar
- Druckluft von ca. 7 bis 10 bar
- elektrische Energie für die Steuerung und Kleinverbraucher

<sup>18</sup> Quelle: [www.demaclenco.com](http://www.demaclenco.com).

<sup>19</sup> Vgl. Beschneiungsmanagement Dorfmann, 2013, S.12.

Lanzen können zentral und dezentral über Druckluft versorgt werden. Für die dezentrale Druckluftversorgung ist ein kleiner Kompressor an den Lanzen angebracht, bei der zentralen Druckluftversorgung erzeugt ein Kompressor die Druckluft für mehrere Lanzen. Für die wirtschaftliche Betrachtung hat das zur Folge, dass der Energieverbrauch und damit zusammenhängend die Energiekosten unterschiedlich betrachtet werden müssen. Beim dezentralen System kann der Energieverbrauch zugeordnet werden, beim zentralen System ist dies nicht so einfach möglich.

Die wichtigsten Angaben für die weitere wirtschaftliche Betrachtung habe ich aus dem Datenblatt der Lanze VIS von der Firma demaclenko entnommen.

- maximaler Wasserdurchsatz 5,47 Liter pro Sekunde
- Energieverbrauch (dezentraler Kompressor) 4,3 KW
- Wurfweite 10 – 20 m

Die Punkte Wasserdruck und Wasserdurchsatz sind wie in den technischen Daten für die Propellermaschine angegeben. Die max. Schneemenge in m<sup>3</sup> pro Stunde ist hier nicht angegeben, kann aber über den Wasserdurchsatz berechnet werden. Der maximale Wasserdurchsatz beträgt 5,43 L/s, das sind in einer Stunde 19,548 m<sup>3</sup>.

max. Wasserdurchsatz	5,43	L/s	1 Stunde = 3600 sec.
Wasserdurchsatz pro Stunde 5,43 l x 3600 sec.	19548	L/h	1 m <sup>3</sup> Wasser = 1000 l
Wasserdurchsatz Kubikmeter pro Stunde	19,548	m <sup>3</sup> /h	
Annahme Schneequalität	400	kg/m <sup>3</sup>	
Dichte Wasser	1000	kg/m <sup>3</sup>	
Faktor für Schneemenge 1000 kg / m <sup>3</sup> : 400 kg / m <sup>3</sup>	2,5		
Schneemenge pro Stunde 19,548 m <sup>3</sup> x 2,5	48,87	m <sup>3</sup>	

Tabelle 2 <sup>20</sup>Wasserdurchsatz Schneeanlage

Aus Tabelle 2 wird ersichtlich, wie die Herleitung der erzeugten Schneemenge über den Wasserdurchsatz der Maschine ermittelt werden kann. Für die Berechnung wird eine Schneequalität von 400 kg/m<sup>3</sup> berücksichtigt. Dieser Wert kann über die Maschine auch

<sup>20</sup> Eigene Ausarbeitung.

eingestellt werden, was einer Menge von 48,87 m<sup>3</sup> Schnee pro Stunde ohne Verluste (Wind, Verdunstung, etc...) entspricht. Über die Betrachtung des Schnee- / Wasserverhältnis wird in Kapitel 2.3 detaillierter eingegangen.

## 2.3 Wasserverbrauch

Um den Wasserverbrauch für die Schneeerzeugung zu ermitteln, bedarf es einer Herleitung über die Dichte (kg/m<sup>3</sup>). Eine Betrachtung der unterschiedlichen Arten von Schnee in Abbildung 8 zeigt, dass durch die Umwandlung der Schneedecke die Dichte verändert wird. Die letzte Form die entsteht, ist das Eis ab einer Dichte von 830 kg/m<sup>3</sup>.

„Trockener Schnee besteht aus Eiskristallen und Luft. Dabei geht der Luftanteil von 10 % bis über 90 %. Qualitativ verhält sich Schnee ziemlich ähnlich wie Eis, nur komplexer, wegen des teilweise beträchtlichen Porenanteils und vor allem seiner inneren Struktur.“ (Fellin, 2013). Durch die Umwandlung (mechanischen, Schmelze, etc...) entweicht die Luft aus dem Schnee und er wird kompakter, was sich in der Zunahme der Dichte zeigt.

Schneeart	Dichte (kg/m <sup>3</sup> )
Wildschnee	10 -30
Pulverschnee	30 -60
schwach windgepresster Schnee	60 - 100
stark windgepresster Schnee	100 - 300
Neuschnee im Mittel	100
filziger Schnee	150 - 300
rundkörniger Schnee im Mittel	350
kantigkörniger Schnee	250 - 400
Becherformen	150 - 350
Nassschnee (Schmelzformen)	300 - 600
abgelagerter Lawinenschnee	500 - 800
Firnschnee	600 - 830

Abbildung 8 <sup>21</sup>Dichte verschiedener Schneearten

Aus Erfahrungen in der Präparierung, der Befahrbarkeit der Pisten und der Widerstandsfähigkeit gegen meteorologische Einflüsse (Warmwetter, Regen, Sonneneinstrahlung) hat sich ein Wert von 360 kg/m<sup>3</sup> bis 430 kg/m<sup>3</sup> für die technische

<sup>21</sup> Quelle: Einführung in die Eis- Schnee- und Lawinentchnik, Wolfgang Fellin 2013, S.57.

Schneeerzeugung ergeben. Wasser hat eine Dichte von  $1000 \text{ kg/m}^3$ , aus diesem Zusammenhang ergibt sich ein Verhältnis von Schnee zu Wasser von 2,5.

$$\frac{\text{Wasser} \mid 1000 \text{ kg/m}^3}{\text{Schnee} \mid 400 \text{ kg/m}^3} = 2.5$$

*Tabelle 3<sup>22</sup> Wasser - Schneeverhältnis*

Das Verhältnis 2,05 ( $487 \text{ kg/m}^3$ ) sollte nicht unterschritten werden, um eine Wasserabgabe auf der Piste zu vermeiden.

### 2.3.1 Wasserspeicherung



*Abbildung 9<sup>23</sup> Speichersee*

In den meisten Fällen wird Wasser in eigens angelegten Seen für die technische Beschneigung gespeichert. Der Grund dafür sind die sehr großen Mengen die benötigt werden. Je nach Anlagentyp und Temperatur kann eine Maschine bis zu  $10 \text{ L/s}$  Wasser für die Schneeerzeugung nutzen. Setzt man eine Vielzahl von Schneeerzeugern gleichzeitig ein, vervielfacht sich dieser Wert. <sup>24</sup>Das Schigebiet Sölden gibt auf ihrer Website an bis zu  $988 \text{ L/s}$  für die Beschneigung zu nutzen, das entspricht in 48 Stunden einem Wasserverbrauch von  $170\,726 \text{ m}^3$  Wasser. <sup>25</sup>Diese Mengen können nicht aus

<sup>22</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>23</sup> Quelle: [www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com), 2014.

<sup>24</sup> Vgl. [www.sölden.at](http://www.sölden.at), 2014.

<sup>25</sup> Vgl. Leitfaden für technische Beschneigung, 2011.

fließenden Gewässern entnommen werden, da es relativ wenige Bäche gibt, die diese Mengen führen und weil Richtlinien für die Wasserentnahme seitens der Behörden eingehalten werden müssen. Die Größe und die zu speichernde Wassermenge eines Speichersees werden im Rahmen der Projektierung festgelegt. Je nachdem, ob Wasser über einen Bach dem See hinzugefügt werden kann, oder ob es vom Tal mittels Pumpen in den See auf den Berg transferiert wird, werden die Seen ausgelegt.

„Damit für die Beschneigung in Schigebieten, wo mehrere Strecken gleichzeitig beschneit werden der Rohstoff Wasser nicht ausgeht, ist es notwendig ein Wassermanagement zu betreiben. Dabei wird ständig beobachtet das die Seen ausreichend befüllt sind und die Schneeerzeuger an den wichtigsten Stellen betrieben.“ (Walser, 2014)

### 2.3.2 Wassertemperatur

<sup>26</sup>Die Temperatur des Wassers am Schneeerzeuger ist sehr entscheidend. Ideal ist eine Temperatur im Bereich von +2 bis +4°C bzw. je näher sie am Gefrierpunkt ist, umso besser ist das Wasser für die Beschneigung geeignet. Je wärmer das Wasser, desto weniger effektiv wird die Schneeproduktion.

Was in vielen Fällen bedeutet, dass man das Wasser zuerst abkühlen muss, bevor es den Schneeerzeuger erreicht. Kühlanlagen ziehen meist grosse Investitionen mit sich und verbrauchen, wenn Sie in Betrieb sind, grosse Mengen an Energie. Der Energieverbrauch ist wiederum vom Wasserverbrauch der Schneeerzeuger abhängig.

Die Wassertemperatur spielt bei der Kompaktschneeherstellung eine bedeutende Rolle. Besonders bei der Beschneigung bei Grenztemperaturen ist es wichtig, die Wassertemperatur so tief wie möglich zu halten, d.h. die Wassertemperatur sollte so nahe wie möglich am Gefrierpunkt liegen. Es können Werte bis zu 0,8°C erreicht werden. Als Faustregel gilt: eine Wassertemperaturdifferenz von 2°C hat im Allgemeinen den gleichen Einfluss auf die Beschneigung, wie eine Feuchtkugel-Temperaturdifferenz von 1°C.

#### Beispiel:

Feuchtkugeltemperatur= -3°C, Wassertemperatur =+1°C ist in etwa gleichwertig wie  
Feuchtkugeltemperatur= -6°C, Wassertemperatur =+7°C

Bei Wassertemperaturen über 3°C ist der Bau einer Wasserkühlanlage empfehlenswert.

---

<sup>26</sup> Vgl. Beschneigungsmanagement Dorfmann, 2013, S.37.



## 2.4 Pumpensystem für Wasserversorgung



Abbildung 10<sup>27</sup>Pumpstation

<sup>28</sup>Für die technische Beschneigung wird reines Wasser mit einem bestimmten Wasserdruck benötigt, welcher je nach Schneekanonentyp von 8 bis 60 bar betragen muss.

Zur Herstellung des Wasserdruckes werden Druckpumpen eingesetzt. Dabei werden im Beschneigungssektor am geläufigsten Kreiselpumpen verwendet, da sich die technischen Eigenschaften dieser Pumpen am besten für diesen Zweck eignen. Die Pumpen werden von Elektromotoren angetrieben und können in waagrechter oder in senkrechter Ausführung eingesetzt werden. Der Druck, welcher von der Druckpumpe hergestellt werden muss, stellt sich von der Summe des abverlangten Druckes der Schneekanone plus den zu bewältigenden Höhenunterschied von der Pumpe bis zur jeweiligen Kanone zusammen (10m = 1 bar).

---

<sup>27</sup> Quelle: [www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com), 2014.

<sup>28</sup> Vgl. Beschneigungsmanagement Dormann, 2013 S.42.

Befindet sich z.B. ein Schneeerzeuger 100 Höhenmeter über der Pumpstation, so muss die Druckpumpe einen Druck von 30 bar (300 m) herstellen, damit am Schneeerzeuger ein Wasserdruck von 20 bar (200 m) vorherrscht.

Die Pumpen werden mittels folgender Kriterien ermittelt:

- Notwendige Fördermenge (L/s, L/min., m<sup>3</sup>/h)
- Notwendige Förderhöhe (m)
- Aufstellmöglichkeit (vertikal oder horizontal)
- Aufstellort (in einem Raum oder im Wasser)

## 2.5 Druckluftaufbereitung



Abbildung 11 <sup>29</sup>Zentrale Druckluftaufbereitungsstation

<sup>30</sup>Neben den Druckpumpen zur Förderung des Wassers wird für die Schneeerzeuger auch Druckluft benötigt. Wie bereits unter Punkt 2.2.2 beschrieben gibt es für die Druckluftversorgung die zwei Varianten mit dezentraler Druckluft zentraler Druckluft. Für die dezentrale Druckluftherzeugung werden vorwiegend Kolben- oder Rotationskompressoren mit einer Leistung von ca. 4 KW je nach Modell und Größe des Schneeerzeugers verwendet.

<sup>29</sup> Quelle: [www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com), 2014.

<sup>30</sup> Vgl. Beschneiungsmanagement Dorfmann, 2013 S.47.

Bei Anlagen mit zentraler Druckluftversorgung wird neben dem Wasserverrohrungsnetz noch ein Druckluftversorgungsnetz verlegt. Ein oder mehrere parallelgeschaltete Kompressoren, welche in der Pumpstation oder in einem unabhängigen Raum untergebracht sind, versorgen die Nukleatordüsen der Schneekanonen über das Druckluftversorgungsnetz. Eine zentrale Druckluftversorgung macht ab ca. 10 Schneeerzeugern Sinn.

## 2.6 Linienmaterial



Abbildung 12 <sup>31</sup>Leitungen für technische Beschneigung

Wie bereits Eingangs von Kapitel 2 im Funktionsprinzip dargestellt, muss für die Versorgung der Maschinen auch einiges an Linienmaterial berücksichtigt werden. Neben der Wasserleitung sind das Stromleitungen, Luftleitungen und Kabel für die automatische Steuerung der Maschinen. Die Beschaffung von Linienmaterial ist mit höheren Anschaffungs- und Baukosten verbunden, weil über das gesamte Gelände Leitungen verlegt werden müssen.

---

<sup>31</sup> Quelle: [www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com), 2014.



## 2.7 Zusammenfassung Kapitel 2

Das Funktionsprinzip einer Schneeanlage wurde im Kapitel 2 detailliert analysiert. Um ein Kostenmanagement betreiben zu können, ist es wichtig zu wissen wo und wie diese entstehen. Von der Vielzahl an Schneeerzeugern die es gibt, wurden zwei mögliche Maschinentypen, Propeller (Niederdruck) und Lanze (Hochdruck) dargestellt. Die zwei Maschinen unterscheiden sich in der Ausbringleistung, Energieverbrauch und den Aufstellmöglichkeiten. Damit die Beschneigung funktioniert, muss den Maschinen Wasser zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist wichtig, dass ein Rohrleitungsnetz zur Verfügung steht, das die Wassermengen mit dem notwendigen Druck und Menge bereitstellen kann. Die Speicherung von Wasser ist stark davon abhängig wie viel Schnee erzeugt werden muss. Linienmaterial wird für die automatische Steuerung, Druckluft und Strom benötigt.

## **3 Kapitel C Projektierung von technischen**

### **Schneeerzeugern für einen Streckenabschnitt**

In diesem Kapitel setze ich mich mit der Projektierung der technischen Schneeerzeugung auseinander. Die Projektierung beginnt mit der Begutachtung der Strecke oder des Gebietes, welches beschneit werden soll. Die mögliche Wasserversorgung für die Schneeerzeuger ist im Gelände eine der wichtigsten Fragen. Wie und wo Speicher gebaut werden können, muss genauestens geprüft werden. Für die Wasserversorgung von technischen Beschneiungsanlagen ist in Österreich ein Genehmigungsverfahren durch die einzelnen Bundesländer notwendig. <sup>32</sup>Unterstützend wurde für Betreiber, Sachverständige, Planer und Behörden ein Leitfaden entwickelt, der für alle Bundesländer in Österreich genutzt wird. Ziel des Leitfadens ist es, abweichende Beurteilungen im Genehmigungsverfahren auszuschließen.

#### **3.1 Datenerfassung des Streckenabschnitts zur Auslegung der Beschneiungsanlage**

Um eine Beschneiungsanlage dimensionieren zu können, werden einige Daten benötigt, die im Vorfeld eingeholt werden müssen. Zwei Möglichkeiten die Daten aufzunehmen sind direkt im Gelände oder über eine computerunterstützte Software für Geodaten. Um die entsprechenden Erkenntnisse zu gewinnen, und ein optimales Ergebnis erzielen zu können, wird man sich beiden Möglichkeiten bedienen müssen. Im Gelände können Probleme besser erkannt werden als auf dem Computer. Distanzen zu erfassen und zu analysieren ist hingegen leichter über ein Software Instrument zu bearbeiten.

Für eine praktische Betrachtung habe ich mich der Software [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at) bedient. Dieses Werkzeug ermöglicht es, relativ exakte Ergebnisse von Flächen aufzunehmen, die für eine Auslegung hilfreich sein können. In Abbildung 13 sehen wir eine Darstellung aus der Karte, bei der die Flächen, welche technisch beschneit werden sollen, gelb markiert sind.

---

<sup>32</sup> Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011 Band 1 S.2.

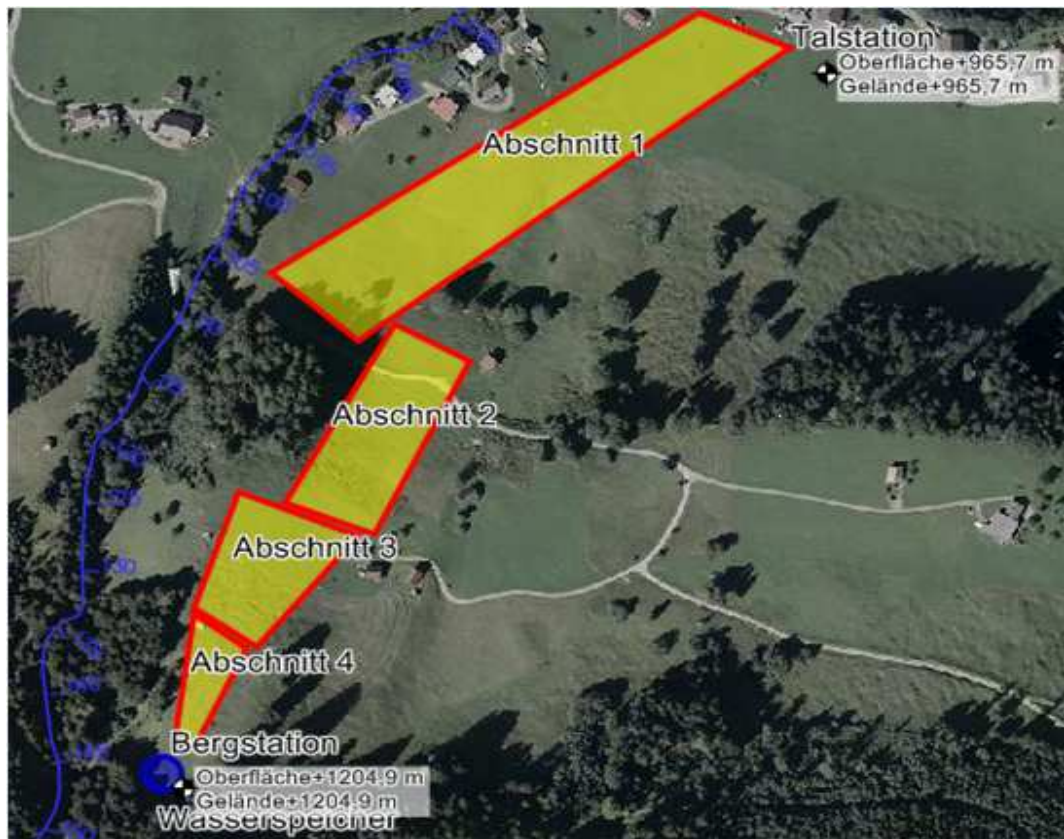


Abbildung 13 <sup>33</sup>Beschneigungsabschnitte für Strecke

Für den ersten Schritt der Planung einer Beschneiungsanlage, sind die Daten in Abbildung 13 angegeben. Die Talstation der Streckenabbildung liegt auf 965 m und die Bergstation auf 1189 m über dem Meer. Zur weiteren Betrachtung werden auch noch die Längen und Breiten, sowie die Flächenmaße der jeweiligen Abschnitte ausgelesen. Die Länge wird benötigt um das Leitungsnetz und die Anschlussschächte für die Schneeerzeuger zu bestimmen, die Breite dient der Betrachtung, ob ein Schneeerzeuger mit seiner Wurfweite ausreicht, oder ob eventuell von beiden Seiten beschneit werden muss. Die Maße sind der Geländeform angepasst, das bedeutet, es handelt sich hier nicht um eine Gerade (Luftlinie) sondern die Länge der Geländeformen wird mitberücksichtigt. (Mulden, Böschungen, etc..).

Abschnitt 1 in Abbildung 14 hat eine Länge von 340,17 m und eine Breite von 71,96 m, aufgrund dessen dass die Flächen im Gelände kein Rechteck oder Quadrat sind, kann die Fläche nicht über die mathematische Länge x Breite berechnet werden. Aus den Angaben

<sup>33</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

der Propellermaschinen geht eine Wurfweite von 60 m hervor, dies bedeutet, dass auf den 340,17 m 6 Anschlußschächte installiert werden müssen.

$$\frac{340,17 \text{ m}}{60 \text{ M}} = 5,67 \sim 6 \text{ Anschlüsse}$$



Abbildung 14 <sup>34</sup>Abschnitt 1 von Strecke

Nachdem die Abschnitte 2 und 3 aneinander liegen, kann die Länge für die Anschlusspunkte der Maschinen zusammengelegt werden.



Abbildung 15 <sup>35</sup>Abschnitt 2 von Strecke



Abbildung 16 <sup>36</sup>Abschnitt 3 von Strecke

<sup>34</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

<sup>35</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

<sup>36</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

Für die Abschnitte 2 und 3 aus Abbildung 15 und 16 ergeben sich daher folgende Anschlusspunkte.

$$142.44 \text{ m} + 90.22 \text{ m} = 232.7 \text{ m}$$

$$\frac{232.66 \text{ m}}{60 \text{ M}} = 3.9 \sim 4 \text{ Anschlüsse}$$

Weil die Geländeform um einiges steiler ist als bei Abschnitt 1, werden hier auf einer Länge von 232,7 m 4 Anschlüsse integriert.

Für den letzten Abschnitt 4 unter Abbildung 17 werden aufgrund der engeren Stelle in Nähe der Bergstation Lanzen bevorzugt weil diese eine geringere Wurfweite haben.



Abbildung 17 <sup>37</sup>Abschnitt 4 von Strecke

Propellermaschinen können auch eingesetzt werden, jedoch kann wegen der schmalen Stellen der Propeller nur in eine Richtung bzw. einen kleinen Radius Bereich abdecken. Diese Eigenschaften können Lanzen erfüllen und diese sind in der Anschaffung günstiger.

<sup>37</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

Propellermaschinen empfiehlt es sich bei größeren Flächen einzusetzen, da eine flächendeckende Beschneieung aufgrund der Dreheigenschaft des Auswurfs möglich ist.

Über dem Abschnitt 4 ist noch ein Wasserspeicher eingezeichnet der für die Wasserversorgung genutzt wird. Aus der Gesamtübersicht in Abbildung 13 sieht man links vom Bild ein fließendes Gewässer, aus welchem die Wasserentnahme zur Befüllung des Sees erfolgen könnte. Dieses Beispiel ist eine getroffene Annahme, die für den weiteren Verlauf der Arbeit verwendet wird. Wie bereits erwähnt, sind bei der Projektierung mehrere Genehmigungsverfahren notwendig, eine Kostenanalyse kann immer dann erfolgen, wenn die Projektierung weitestgehend abgeschlossen ist. Die Daten sind eine Grundlage für die wirtschaftliche Betrachtung mit Blick auf das Kostenmanagement.

Die Anschlusspunkte wurden für den Einsatz von Propellermaschinen ausgelegt, für Lanzen wäre es optimaler, wenn für eine flächendeckende Beschneieung mehrere Schächte in engerem Abstand vorhanden sind, da die Wurfweite geringer ist.

### 3.1.1 Geländeform

Die Geländeform des Beispiels kann ebenfalls mit Hilfe von [vogis.cnv.at](http://vogis.cnv.at) ermittelt werden. Abbildung 18 zeigt links auf der Y-Achse die Meereshöhen über den Streckenverlauf, unten auf der X-Achse des Diagramms ist die gerade Länge zu sehen.

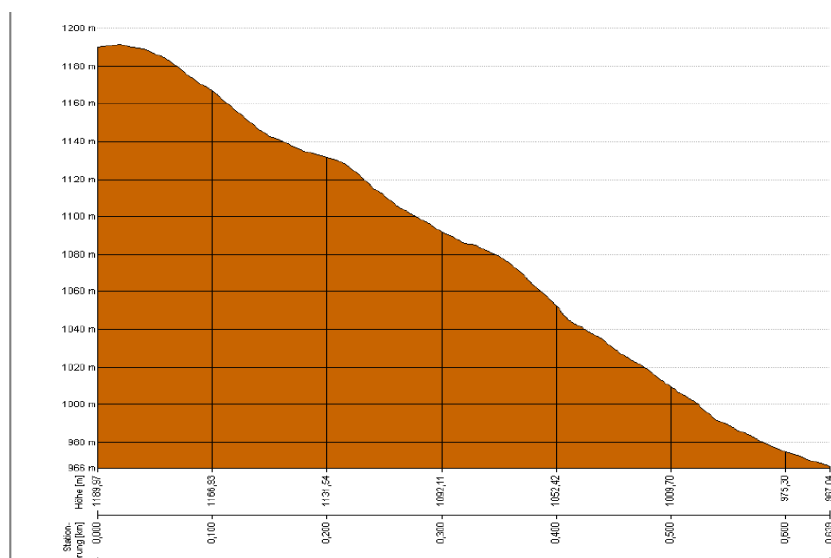


Abbildung 18<sup>38</sup> Geländeform

<sup>38</sup> Quelle: [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at), 2014.

### 3.1.2 Standort Wasserspeicher

Speicheranlagen werden gemäß Wasserrechtsgesetz in Abhängigkeit von Speichereinhalt und Sperrenhöhe wie folgt differenziert:

- **Große Stauanlagen:**

<sup>39</sup>Werden bezeichnet mit einem Speichereinhalt größer als 500 000 m<sup>3</sup> und einer Sperrenhöhe über Gründungssohle größer als 15 m.

Für "große Stauanlagen" ist gemäß § 104 Abs. 3 WRG von der zuständigen Wasserrechtsbehörde ein Gutachten der Staubeckenkommission einzuholen.

- **Kleine Stauanlagen:**

<sup>40</sup>Werden bezeichnet mit einem Speichereinhalt kleiner 500 000 m<sup>3</sup> und einer maximalen Sperrenhöhe über Gründungssohle kleiner 15 m.

„Beschneigungsanlagen benötigen im Hinblick auf die Wasserentnahme eine wasserrechtliche Bewilligung für besondere Wasserbenutzung an öffentlichen Gewässern oder privaten Tagwässern gem. § 9 WRG, bzw. ggf. für die Benutzung des Grundwassers gem. § 10 WRG. Damit verbunden ist die wasserrechtliche Bewilligung für die Errichtung und den Betrieb der dafür erforderlichen Anlagen, die bei Beschneigungsanlagen über die Bauteile der Wasserfassung und weiteren Wasserverarbeitung hinaus gehen.“ (Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011). S.7

### 3.1.3 Wasserzufluss für Wasserspeicher

Der Wasserzufluss für den Wasserspeicher könnte für das angeführte Beispiel aus dem Bach entnommen werden. Im Bewilligungsverfahren erfolgt eine Prüfung wie viel Wasser der Bach führt und festgelegt welche Menge (z.B. m<sup>3</sup>/h) für die Beschneigung entnommen werden darf.

---

<sup>39</sup> Vgl. Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011.

<sup>40</sup> Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011.



### 3.1.4 Fläche für die Beschneigung

Die Fläche der Strecke kann aus den 4 Abschnitten ebenfalls ausgelesen werden und somit gesamt zusammengefasst werden. Über die Gesamtfläche erfolgt die Berechnung der notwendigen Schneemenge. Auf den weiteren 4 Abbildungen sehen wir in den linken oberen Ecken jeweils die Flächengröße der einzelnen Abschnitte. In Tabelle 4 sind die Daten nochmals zusammengefasst und die Gesamtfläche berechnet



Abbildung 19 <sup>41</sup>Fläche für Abschnitt 1

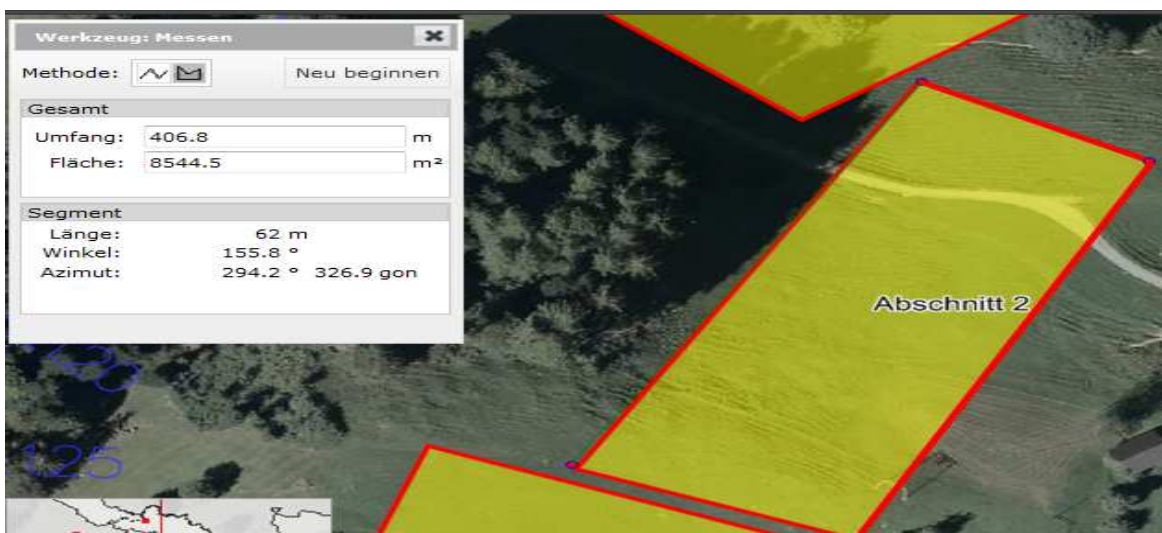


Abbildung 20 <sup>42</sup>Fläche für Abschnitt 2

<sup>41</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

<sup>42</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).





Abbildung 21 <sup>43</sup>Fläche für Abschnitt 3

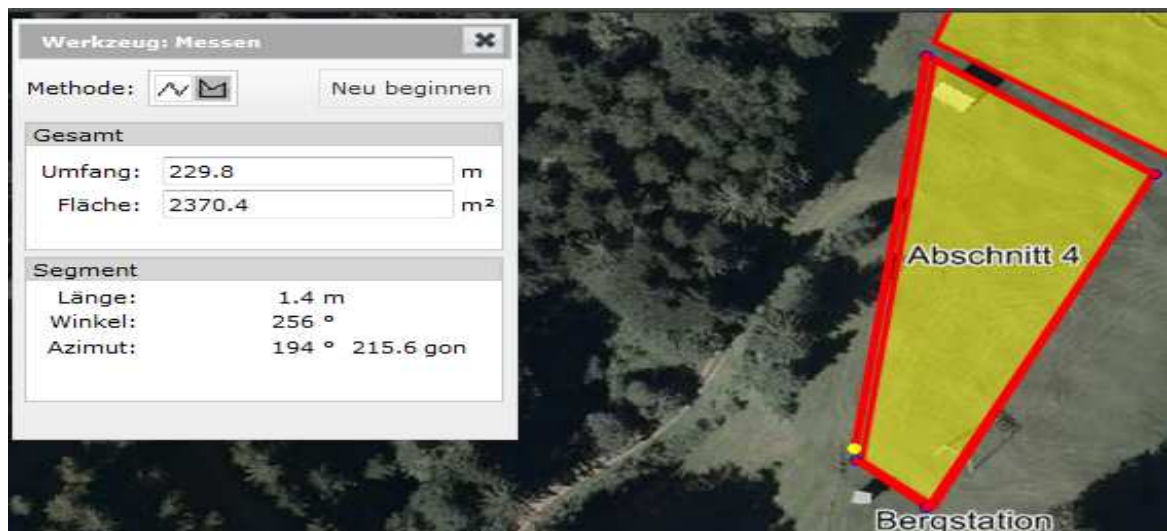


Abbildung 22 <sup>44</sup>Fläche für Abschnitt 4

Aus den ermittelten Flächen über das Geoinformationssystem von [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at) bekommen wir folgende Zusammenfassung, welche in Tabelle 4 abgebildet ist.

<sup>43</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

<sup>44</sup> Eigene Ausarbeitung – in Ausarbeitung über [www.vogis.cnv.at](http://www.vogis.cnv.at).

## Strecke für Beschneigung

Beschneigungsbereich	Fläche	Steilheit	Länge	Breite
Abschnitt 1	22514 m <sup>2</sup>		340 m	72 m
Abschnitt 2	8544 m <sup>2</sup>		143 m	60 m
Abschnitt 3	6612 m <sup>2</sup>		90 m	63 m
Abschnitt 4	2370 m <sup>2</sup>		86 m	26 m
	40040 m <sup>2</sup>		659 m	

*Tabelle 4 <sup>45</sup>Auflistung Streckenabschnitte*

Die 4 Abschnitte für die Beschneigung ergeben eine Fläche von 40 000 m<sup>2</sup> das entspricht 4 ha. Im nächsten Kapitel werden die Schneemengen für die Strecke 1 berechnet.

### 3.2 Berechnung der notwendigen Schneemenge für einen Streckenabschnitt

Mit den erfassten Daten kann nun die notwendige Schneemenge berechnet werden. Die topographischen Gegebenheiten in den Alpen mit den wechselnden Geländeformen (steiniges Gelände, Mulden, Steilhänge, Wiesen, etc...) lassen eine Berechnung der Schneemenge in m<sup>3</sup> nur annähernd zu. Zum Beispiel kann in einer Mulde 50 cm Schnee liegen und an einer Kante nur 15 cm, weil die Schifahrer im Schibetrieb den Schnee durch Rutschen hangabwärts bringen. Hier gilt sicherlich der Grundsatz, dass für die Berechnung die Werte aufgerundet werden und etwas großzügiger ausgelegt werden, denn zu wenig Schnee verursacht deutlich größere Probleme als zu viel Schnee.

Wie bereits in Kapitel 1 dargestellt, beeinflussen Wind, Sonneneinstrahlung, Temperatur und Luftfeuchtigkeit die zu produzierende Schneemenge maßgebend.

Nachdem sich die Strecke auf landwirtschaftlichem Boden befindet, wird eine Schneehöhe von 40 cm angenommen. In Tabelle 5 wurden die erforderlichen Schneemengen berechnet.

---

<sup>45</sup> Eigene Ausarbeitung.

## Strecke

Beschneigungsbereich	Fläche	Schneehöhe	Schneemenge
Abschnitt 1	22514 m <sup>2</sup>	0.4 m	9005.6 m <sup>3</sup>
Abschnitt 2	8544 m <sup>2</sup>	0.4 m	3417.6 m <sup>3</sup>
Abschnitt 3	6612 m <sup>2</sup>	0.4 m	2644.8 m <sup>3</sup>
Abschnitt 4	2370 m <sup>2</sup>	0.4 m	948 m <sup>3</sup>
Gesamt	40040 m <sup>2</sup>	0.4 m	16016 m <sup>3</sup>

Verlustwert

20 %

<b>notwendige Schneemenge</b>	<b>19219.2 m<sup>3</sup></b>
	<b>~ 20000 m<sup>3</sup></b>

Tabelle 5 <sup>46</sup>Schneemenge für Strecke

Die Gesamtschneemenge, die für die Strecke erforderlich ist, beträgt aus den Berechnungen in Tabelle 4 19 219 m<sup>3</sup>, dieser wird für die weitere Betrachtung auf 20 000 m<sup>3</sup> aufgerundet. Mit berücksichtigt wurde ein Verlustwert von 20 %. Verluste entstehen hauptsächlich durch Windverfrachtung und Verdunstung. <sup>47</sup>Nach Angaben belaufen sich die Verlustwerte des Wasserverbrauchs in der Beschneigung zwischen 15 % und 35 %. Da der Faktor für das Schnee- / Wasserverhältnis konstant ist, können die Verluste bereits bei der Ermittlung der Schneemenge berücksichtigt werden.

### 3.3 Notwendige Wassermenge für den Streckenabschnitt

Als nächstes soll berechnet werden wie viel Kubikmeter Wasser für die Schneemenge von 20 000 m<sup>3</sup> benötigt werden. An modernen Maschinen ist es möglich, die Schneequalität am Schneeerzeuger einzustellen. Wie bereits in Kapitel 1 erläutert soll technischer Schnee mit einer Qualität (Dichte) von 400 – 450 kg/m<sup>3</sup> erzeugt werden, da dieser für den Schisport am idealsten ist.

Aus der Berechnung von Tabelle 6 kann nun die notwendige Wassermenge für die Beschneigung der Strecke 1 errechnet werden.

<sup>46</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>47</sup> Leitfaden Beschneiungsanlagen Band 1, 2011, S.54.

## Strecke

Beschneibungs bereich	Fläche		Schneehöhe		Schneemenge		Verhältnis	Wassermenge	
Abschnitt 1	22514	m <sup>2</sup>	0.4	m	9005.6	m <sup>3</sup>	2.5	3602.24	m <sup>3</sup>
Abschnitt 2	8544	m <sup>2</sup>	0.4	m	3417.6	m <sup>3</sup>	2.5	1367.04	m <sup>3</sup>
Abschnitt 3	6612	m <sup>2</sup>	0.4	m	2644.8	m <sup>3</sup>	2.5	1057.92	m <sup>3</sup>
Abschnitt 4	2370	m <sup>2</sup>	0.4	m	948	m <sup>3</sup>	2.5	379.2	m <sup>3</sup>
Gesamt	40040	m <sup>2</sup>	0.4	m	16016	m <sup>3</sup>	2.5	6406.4	m <sup>3</sup>

Verlustwert 20 %

<b>notwendige Schneemenge</b>	<b>19219.2 m<sup>3</sup></b>
	<b>20000 m<sup>3</sup></b>

<b>notwendige Wassermenge</b>	<b>7687.68 m<sup>3</sup></b>
	<b>~ 8000 m<sup>3</sup></b>

Tabelle 6 <sup>48</sup>Wassermenge für Strecke

Für die Beschneigung der Strecke werden incl. Verluste 7687,68 m<sup>3</sup> Wasser benötigt, wegen der Schwankungen und zur einfacheren Betrachtung wird der Wert auf 8000 m<sup>3</sup> aufgerundet. Bei der Betrachtung und Auslegung ergeht der Grundsatz, Aufrunden vor Abrunden.

### 3.3.1 Benötigte Wassermenge pro Stunde

<sup>49</sup>Wie aus dem Snowmagazin von Techno Alpin zu entnehmen ist, sollte die Grundbeschneigung mit ca. 80 Stunden projektiert werden. Das bedeutet dass die 20 000 m<sup>3</sup> Schnee in 80 Stunden durch die Maschinen produziert werden sollen. Erfahrungen haben ergeben, dass die meisten Kälteperioden 3 bis 4 Tage andauern, dieser Zeithorizont soll in weiterer Folge für die Planungsinstrumente in Kapitel 4 berücksichtigt werden.

Die notwendige Wassermenge für die Schneemenge habe ich mit 8000 m<sup>3</sup> errechnet. Das bedeutet, dass pro Stunde 100 m<sup>3</sup> Wasser benötigt werden.

<sup>48</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>49</sup> Vgl. Snowmagazin Techno Alpin 01/2013.

## Wasserversorgung Strecke

Wassermenge	8000 m <sup>3</sup>
Beschneigungszeit	80 Stunden
benötigte Wassermenge pro Stunde	100 m <sup>3</sup> /h
benötigte Wassermenge pro Sekunde	28 L/s

*Tabelle 7<sup>50</sup> Wasserbedarf pro Sekunde für Strecke*

Eine Beschneigungszeit von 80 Stunden bringt an die Infrastruktur die Herausforderung, dass an den Schneeerzeugern 100 m<sup>3</sup> pro Stunde oder 28 Liter Wasser pro Sekunde bereitgestellt werden müssen.

Mit den bisher berechneten Daten aus Kapitel 3 sind für die weitere Planung und Auslegung des Gesamtsystems die wichtigsten, grundlegenden Parameter festgelegt.

### 3.4 Volumen für Wasserspeicher

Damit ca. 100 m<sup>3</sup> Wasser pro Stunde mit dem notwendigen Druck den Anlagen zur Verfügung gestellt werden können, wird ein Wasserspeicher in Form eines kleinen Sees benötigt. Die Befüllung des Sees soll durch einen anliegenden Bach erfolgen. Für die Wasserentnahme aus Bächen müssen, wie in Kapitel 2 erläutert, Bewilligungen durch das Land erfolgen, auch der Bau eines Speichersees unterliegt einem Bewilligungsverfahren und der Prüfung durch Gutachten. Ohne auf diese Punkte näher einzugehen, nehme ich an, dass aus dem anliegenden Bach 10 Liter Wasser pro Sekunde genutzt werden darf. Bevor die Beschneigung im Winter betrieben wird, steht ausreichend Zeit zur Verfügung den See mit Wasser zu befüllen. Wichtig ist aber, dass das Wasser während dem Betreiben der Maschinen nicht ausgeht. Deshalb wird die fehlende Menge von 18 L/s. in einem See gespeichert.

---

<sup>50</sup> Eigene Ausarbeitung.

## Speichervolumen Strecke

Entnahme aus Bach pro Sekunde	10 L/s
Benötigtes Wasser pro Sekunde	28 L/s
Gesamt Wassermenge	8000 m <sup>3</sup>
Beschneigungszeit	80 Stunden
Befüllungszeit des Speichers	6 Tage

Zufluss während Beschneigungszeit	2880 m <sup>3</sup>
Notwendiges Speichervolumen	5120 m <sup>3</sup>

*Tabelle 8 <sup>51</sup>Berechnung Speichervolumen*

Aus der Tabelle 8 wurde ein notwendiges Speichervolumen von 5120 m<sup>3</sup> für die Strecke berechnet. Bei der Auslegung des Speichers empfiehlt es sich, das Volumen entsprechend grösser zu planen. Speicherseen werden aufgrund der großen Investitionssummen nicht für eine Strecke gebaut, sondern in den meisten Fällen werden aus einem Speichersee mehrere Strecken beschneit und das Volumen grösser ausgelegt. Es ist aber dennoch vorteilhaft, die notwendigen Speichermengen für die jeweiligen Strecken zu kennen.

### 3.5 Maschinenauswahl zur technischen Beschneigung einer Strecke

Die Anschlusspunkte für die Strecke wurden bereits ermittelt. Bei Verengungen, Wegen, schmalen Waldschneisen empfiehlt es sich u.a. Lanzen als Maschinen einzusetzen, da diese eine geringere Wurfweite haben und die Flächenverteilung des Schnees zweitrangig ist. Die Präparierung muss ohnehin mittels Maschinen erfolgen.

Propellermaschinen haben gegenüber Lanzen den Vorteil, dass sie mehr Wasser pro Zeiteinheit durchsetzen können und damit verbunden die Schneemenge pro Zeiteinheit ebenfalls steigt. Der Wasserdurchsatz der Schneeerzeuger ist aber sehr stark von den meteorologischen Bedingungen abhängig. Aus dem Leitfaden für Beschneigungsanlagen Band 1 ergibt folgender Hinweis.

„Wegen des Verdunstungsprozesses in der Schneeerzeugung sind Temperatur und Feuchte der Außenluft von wesentlichem Einfluss. Bei relativ warmen Temperaturen und hoher Feuchte können die Schneeerzeuger nur ca. 20 % ihrer Auslegungsleistung

---

<sup>51</sup> Eigene Ausarbeitung.

durchsetzen, mit abnehmender Temperatur und abnehmender Feuchte steigt dieser Lastfaktor spürbar an. Bei Lufttemperaturen unter minus 10°C und relativer Feuchte unter 60 % erreichen die meisten Schneeerzeuger ihre Volllast als Auslegungswert 100 %.“ (Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011, S.65)

- Bauart und Größe des Schneeerzeugers, insbesondere Anzahl und Gestaltung der Düsen, Leistung des Gebläses und der Nukleatorluft für die Kristallkernbildung
- Temperatur und relative Feuchte der Außenluft
- Temperatur des Wassers und im geringen Ausmaß auch Temperatur der Druckluft
- Windeinfluss, insbesondere Aufwinde und Seitenwinde
- Direkte Sonneneinstrahlung beim Schneivorgang
- Aufstellungsort und Wurfweite des Schneeerzeugers, damit auch die Strahlrichtung und Steilheit des Geländes in Wurfrichtung des Schneeerzeugers

„Bei den klimatischen Bedingungen im Alpenraum lässt sich aus bisheriger Erfahrung ein mittlerer Lastfaktor von 60 bis 80 % angeben. Dies bedeutet, dass im Durchschnitt des Schneibetriebes nur 60 bis 80 % der installierten Volllastwasserleistung tatsächlich genutzt werden können. Somit müssen die Auslegungswerte der Anlage mit diesem Lastfaktor auf die mittlere Wasserleistung reduziert werden.“ (Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, 2011) S.65.

Diese Informationen zeigen dass die Beschneigungszeit von den meteorologischen Gegebenheiten und der Maschinenanzahl abhängig ist.

### 3.5.1 Auswahl Propellermaschinen.

In Kapitel 2 habe ich die Maschinendaten einer Ventus Maschine von demaclenko betrachtet, aus dem Datenblatt geht hervor, dass diese einen max. Wasserdurchsatz von 8,2 L/s erreichen kann. Im Zusammenhang mit den Angaben aus Kapitel 3.5, dass die Schneeerzeuger im Grenztemperaturbereich 20 bis 30 % Wasserdurchsatz haben, im mittleren Bereich 60 bis 80 % und ab -10°C Lufttemperatur und 60 % relativer Feuchte 100 % durchsetzen können, wurden für die Maschine in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur folgende Werte festgelegt:

max. Wasserdurchsatz Maschine                      8.2 L/s

Wasserdurchsatz - 10° bis -13°tf	100 %	8.2 L/s
Wasserdurchsatz - 8° bis - 9°tf	80 %	6.56 L/s
Wasserdurchsatz - 6° bis -7°tf	60 %	4.92 L/s
Wasserdurchsatz - 4° bis -5°tf	40 %	3.28 L/s
Wasserdurchsatz ab - 3°tf	25 %	2.05 L/s

*Tabelle 9 <sup>52</sup>Wasserdurchsatz in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur*

Aus der Tabelle 9 ergibt sich dadurch in Abhängigkeit des Wasserdurchsatzes pro Sekunde einen Maschinenbelegungsplan der in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur erstellt wird. Das Ziel ist es, die Strecke in 80 Stunden zu beschneien, wie berechnet wurde, sind dafür 28 Liter pro Sekunde erforderlich. Kann aufgrund der Feuchtkugeltemperatur an den Maschinen pro Sekunde weniger Wasser durchgesetzt werden, ist der Einsatz mehrerer Maschinen notwendig, um die Beschneigungszeit einzuhalten.

---

<sup>52</sup> Eigene Ausarbeitung.



Feuchtkugeltemperatur	Wasserdurchsatz / Maschine	notwendige Wassermenge	notwendige Maschinen
-13	8.2 L/s	28 L/s	4
-12	8.2 L/s	28 L/s	4
-11	8.2 L/s	28 L/s	4
-10	8.2 L/s	28 L/s	4
-9	6.56 L/s	28 L/s	5
-8	6.56 L/s	28 L/s	5
-7	4.92 L/s	28 L/s	6
-6	4.92 L/s	28 L/s	6
-5	3.28 L/s	28 L/s	9
-4	3.28 L/s	28 L/s	9
-3	2.05 L/s	28 L/s	14

Tabelle 10 <sup>53</sup>Maschinenbelegung über Wasserdurchsatz

In Tabelle 10 wird errechnet, welche Anzahl an Maschinen benötigt wird, um die Strecke mit einem Wasserdurchsatz von 28 Liter pro Sekunde zu beschneien. Bei optimalen Bedingungen, <-10°C tf, kann mit 4 Maschinen die Strecke in der erforderlichen Zeit beschneit werden. Ab einer Feuchtkugeltemperatur von – 5°C tf benötigt man schon die doppelte Anzahl an Maschinen.

Eine Maschinenbelegung über dieses Verfahren durchzuführen, muss aber durchaus kritisch betrachtet werden, zumal über einen Zeitraum von 80 Stunden die meteorologischen Voraussetzungen stark wechseln können. Für die flächendeckende Beschneigung werden auch bei optimalen Bedingungen mehrere Schneeerzeuger eingesetzt und mit weniger Wasserdurchsatz betrieben. Ziel ist es, die Strecke in 80 Stunden einzuschneien. Für diese Umsetzung werden vorzugsweise stationäre Anlagen eingesetzt. Der Einsatz von mobilen Anlagen ist durchaus gerechtfertigt, ab einem Einsatz von ca. 10 Maschinen sollte der Einsatz von stationären Anlagen betrachtet werden, da die Aufstellung und Versetzung von mobilen Anlagen Zeit und Personalaufwand in Anspruch nehmen, was wiederum bedeutet, dass die Personalkosten steigen. Eine weitere Konsequenz ist auch, dass durch die Versetzung der Anlagen die Maschine nicht genutzt werden kann und somit Schneemengen verloren gehen. (Eppacher, 2014).

Für die Projektierung wird eine Feuchtkugeltemperatur von – 5°C tf angenommen, das würde nach dem Verfahren aus Tabelle 10 bedeuten, dass für die Strecke 9 Schneeerzeuger angeschafft werden müssen.

<sup>53</sup> Eigene Ausarbeitung.

### 3.6 Pumpen für die Wasserversorgung der Schneeerzeuger

Die Pumpenauslegung erfolgt durch den notwendigen Wasserdruck, der am Schneeerzeuger für die Beschneigung notwendig ist. Je nach Maschinentyp werden 8 bis 60 Bar Wasserdruck benötigt. Um die Auslegung für die Pumpe durchführen zu können müssen Informationen über das notwendige Wasservolumen (L/s - m³/h) und die Lage des Speichers zum Schneeerzeuger bekannt sein.

In den Rohrleitungen können Druckverluste entstehen, die bei der Auslegung ebenfalls berücksichtigt werden. Aus dem Lageplan geht hervor, dass sich der Wasserspeicher für die Beschneigung oberhalb der Bergstation befindet. Der erforderliche Wasserdruck soll am letzten Schneeerzeuger immer noch einen Druck von 20 bar aufweisen (Eppacher, 2014). Durch den Höhenunterschied (geodätische Höhe), ist der Druck am untersten Schneeerzeuger höher als am obersten Schneeerzeuger, das bedeutet das für den letzten Schneeerzeuger in Nähe der Bergstation noch ein Druck von 20 bar sichergestellt werden muss.

Energieverbrauch Pumpe für Strecke

Liter / Sekunde	KW	Betriebsstunden	KWH	€ / KWH	Gesamtkosten	Schneemenge / Stunde
36	58.86	80	4708.8	0.15	706.32 €	324
35	57.23	80	4578.0	0.15	686.70 €	315
34	55.59	80	4447.2	0.15	667.08 €	306
33	53.96	80	4316.4	0.15	647.46 €	297
32	52.32	80	4185.6	0.15	627.84 €	288
31	50.69	80	4054.8	0.15	608.22 €	279
30	49.05	80	3924.0	0.15	588.60 €	270
29	47.42	80	3793.2	0.15	568.98 €	261
28	45.78	80	3662.4	0.15	549.36 €	252
27	44.15	80	3531.6	0.15	529.74 €	243
26	42.51	80	3400.8	0.15	510.12 €	234
25	40.88	80	3270.0	0.15	490.50 €	225
24	39.24	80	3139.2	0.15	470.88 €	216
23	37.61	80	3008.4	0.15	451.26 €	207
22	35.97	80	2877.6	0.15	431.64 €	198
21	34.34	80	2746.8	0.15	412.02 €	189
20	32.70	80	2616.0	0.15	392.40 €	180

Tabelle 11 <sup>54</sup>Energieverbrauch Pumpe

<sup>54</sup> Eigene Ausarbeitung.

### 3.6.1 Auslegung Rohrleitung

Die Rohrleitung muss über die Gesamtstrecke einen Wasserdurchsatz von 28 L/s fördern, an der letzten Schneeanlage im Leitungsnetz sollte immer noch ein Druck von 20 bar vorhanden sein. Die Rohrleitung wird auf einen maximalen Durchflusswert ausgelegt der etwas über den 28 L/s liegen sollte, es wird eine Annahme von 35 L/s getroffen.

Die Anschlussstellen für die Schneeerzeuger wurden bereits eingangs im Kapitel 3 festgelegt.

## 3.7 Zusammenfassung Kapitel 3

Bereits in der Projektierungsphase können strategische Maßnahmen betrachtet werden, welche die Wirtschaftlichkeit deutlich beeinflussen. Sind Möglichkeiten gegeben, den Wasserspeicher und die Wasserfassung oberhalb der zu beschneien Stellen anzulegen, kann die geodätische Höhe des Speichers für den notwendigen Wasserdruck am Schneeerzeuger genutzt werden, was den erforderlichen Leistungsumfang einer Pumpe deutlich minimiert. Somit kann eine kleinere Pumpe angeschafft werden und der Energieverbrauch für die Beschneigung wird deutlich minimiert. Speicherseen in höher gelegenen Gebieten haben auch den Vorteil, dass bei kalten Temperaturen das Wasser schneller abkühlt und somit für die Beschneigung deutlich effizienter ist. Wie bereits erläutert sollte das Wasser eine Temperatur von 1 bis 3°C haben, damit bei Grenztemperaturen um -3°C ts beschneit werden kann. Bei der Auslegung des Leitungssystems und den Wasseranschlüssen für die Maschinen kann bereits darauf geachtet werden, dass diese in entsprechenden Abständen positioniert sind, damit eine flächendeckende Beschneigung bereits möglich ist. Dazu sollte die Wurfweite und der einstellbare Radius der Schneeerzeuger mitberücksichtigt werden. In schmalen Waldschneisen empfiehlt sich der Einsatz von Lanzen, da diese eine geringere Wurfweite haben, damit sichergestellt werden kann, dass der Schnee auch auf der notwendigen Stelle liegen bleibt und nicht in den Wald verfrachtet wird.

## **4 Kapitel D Wirtschaftliche Betrachtung der technischen Beschneigung**

In Kapitel 4 werde ich eine rein wirtschaftliche Betrachtung zu den bisherigen Themen durchführen. Besonders zum Kapitel 3 wird eine Kostenanalyse und verschiedene Möglichkeiten aufgezeigt. Das Ziel, die Strecke in maximal 80 Stunden technisch zu beschneien, ist stark von der Feuchtkugelttemperatur abhängig, weil der Wasserdurchsatz an den Anlagen daraus resultiert.

Um gleich viel Schnee zu produzieren müssen im Grenztemperaturbereich mehr Maschinen eingesetzt werden, als es bei kälteren Temperaturen der Fall ist. Der Einsatz mehrerer Maschinen hat auch wirtschaftliche Auswirkungen. Die Investitionen und Betriebskosten steigen mit der Anzahl der zu beschaffenden Maschinen.

Nach einigen wirtschaftlichen Grundlagen am Anfang des Kapitels, werden auf den folgenden Seiten die wirtschaftlichen Zusammenhänge zur Beschneigung analysiert. Weiters wird betrachtet, wie sich die Gesamtkosten zusammensetzen und welche Möglichkeiten bestehen, diese zu beeinflussen.

### **4.1 Grundlagen**

#### **4.1.1 Rechnungswesen in Unternehmen**

<sup>55</sup>Das Rechnungswesen hat die Aufgabe, die wirtschaftlichen Abläufe zahlenmäßig zu erfassen und informiert den Unternehmer und unternehmensfremde Personen über den Geschäftsgang. Aufgrund dessen wird das Rechnungswesen in zwei unterschiedliche Teilbereiche gegliedert. Das interne Rechnungswesen, dokumentiert die internen Abläufe, das externe Rechnungswesen informiert unternehmensfremde Personen. Abbildung 23 zeigt einen Überblick über die Aufgaben der jeweiligen Bereiche des Rechnungswesens.

---

<sup>55</sup> Vgl. Buchhaltung und Jahresabschluss, Döring, Buchholz, 2011, S.1.

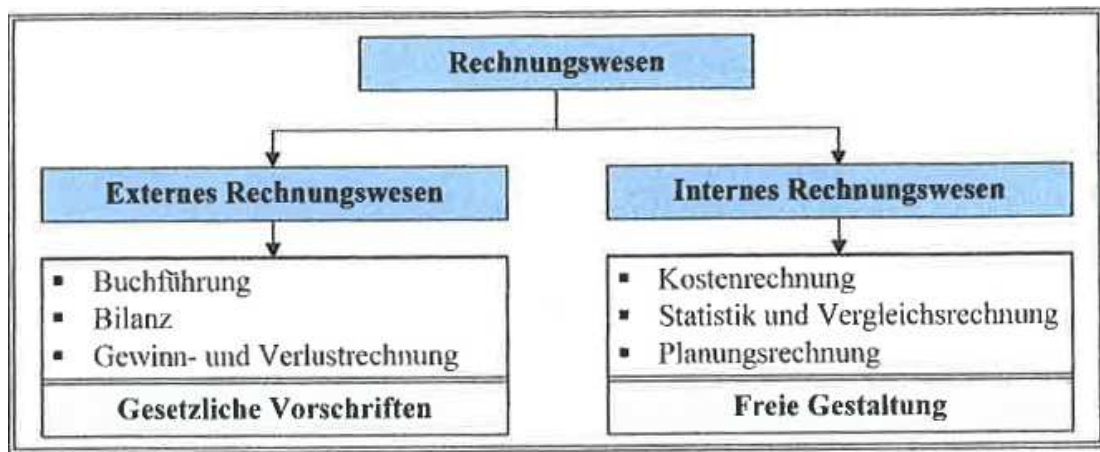


Abbildung 23 <sup>56</sup> Teilbereiche des Rechnungswesens

Geht es beim externen Rechnungswesen darum gesetzliche Vorschriften zu erfüllen, befasst sich das interne Rechnungswesen mit Kostenrechnungen, Statistik und Vergleichsrechnung sowie der Planungsrechnung. Im Kapitel 4 werden ausschließlich Themengebiete aus dem internen Rechnungswesen bearbeitet.

### 4.1.2 Internes Rechnungswesen

„Gegenstand des internen Rechnungswesens ist die Ermittlung und die Bereitstellung von Informationen über monetäre und mengenmässige Größen, welche benötigt werden, um die betrieblichen Leistungserstellung zu planen und zu kontrollieren.“ (Opresik, Renhak 2012, S. 367)

### 4.1.3 Kostenmanagement

Zum Begriff Kostenmanagement werden zwei Definitionen aus der Literatur vorgestellt:

„Das Kostenmanagement umfasst alle Planungen und Aktionen im Unternehmen, die direkt darauf ausgerichtet sind, Kosten zu analysieren, unnötige Kosten aufzudecken und zu vermeiden. Es lassen sich unterscheiden: kurzfristiges Kostenmanagement, um die Liquidität des Unternehmens schnell zu verbessern; und langfristiges Kostenmanagement, um dauerhaft effizient und wettbewerbsfähig zu sein.“ (www.business-wissen.de, 2014)

<sup>56</sup> Quelle: Buchhaltung und Jahresabschluss, 2011, S.2.

„Unter Kostenmanagement wird die Beeinflussung und Gestaltung von Unternehmensstrukturen, Prozessen und Produkten unter Kostenaspekten und unter Zuhilfenahme der Informationen aus den Kostenrechnungssystemen verstanden.“  
(Stelling, 2009)

#### 4.1.3.1 Was sind Kosten?

In der Betriebswirtschaftslehre wurden in der Vergangenheit einige Definitionen und Abgrenzungen zu sehr verwandten Begriffen festgelegt. <sup>57</sup>So stellt die Schmalenbach-Treppe eine eindeutige Abgrenzung der Begriffe Auszahlung, Ausgabe, Aufwand und Kosten, sowie Einzahlung, Einnahme, Ertrag und Erlös / Leistung dar. Unter dem Begriff Kosten wird der Wert des Verzehrs an Gütern in Form von Sach- und Dienstleistungen zum Zwecke der betrieblichen Leistungserstellung und Verwertung verstanden.

Wie bereits in Abbildung 23 dargestellt, befasst sich das interne Rechnungswesen mit der Kostenrechnung, diese unterteilt sich wiederum in die Bereiche welche in Tabelle 12 zu sehen sind.

Zeitbezug Sachumfang	Istkosten	Normalkosten	Plankosten
Vollkosten	Traditionelle Kostenrechnung	Rechnung mit durchschnittlichen Kosten	Starre Plankostenrechnung Flexible Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis Prozesskostenrechnung
Teilkosten	Direct Costing Mehrstufige Fixkostendeckungsrechnung Relative Einzelkosten- und Deckungsbeitragsrechnung		Flexible Plankostenrechnung auf Teilkostenbasis (Grenzplankostenrechnung)

Tabelle 12 <sup>58</sup>Modelle zur Kostenrechnung

<sup>57</sup> Vgl. Kostenmanagement und Controlling, Stelling, 2009, S.17.

<sup>58</sup> Quelle: Stelling, 2009 S.22.

Die Kosten werden in die zwei Merkmale nach dem Zeitbezug und dem Sachumfang der Kosten gegliedert. Der Zeitbezug der Kosten wird in vergangenheitsorientierte Istkosten, gegenwartsorientierte Normalkosten sowie zukunftsorientierte Plankosten unterteilt.

<sup>59</sup>Der Sachumfang der Kosten wird in die Vollkostenrechnung und Teilkostenrechnung unterteilt. Die Vollkostenrechnung erfasst sämtliche Kosten einer Periode und wird den einzelnen Leistungen des Unternehmens zugerechnet. Die Teilkostenrechnung erfasst ebenfalls alle Kosten einer Periode, verrechnet diese zum Teil aber nicht auf alle Produkteinheiten weiter. Bei der technischen Beschneidung handelt es sich um die Erzeugung eines Produktes, nämlich Schnee, daher wird eine Vollkostenrechnung angewendet.

#### 4.1.4 Kostenrechnung

Die Kostenrechnung erfolgt immer in drei verschiedenen Stufen, der Kostenarten-, der Kostenstellen- und der Kostenträgerrechnung. Abbildung 24 zeigt eine graphische Darstellung der Kostenrechnung.



Abbildung 24 <sup>60</sup>Zusammenhang zwischen Kostenarten, Kostenstellen und Kostenträgerrechnung

<sup>61</sup>Die Kostenartenrechnung erfasst die gesamten Kosten der Abrechnungsperiode nach Menge und Wert. Kostenarten können Materialkosten, Personalkosten, Betriebsmittelkosten und Fertigungskosten sein.

<sup>59</sup> Vgl. Kostenmanagement und Controlling, Stelling, 2009, S.22

<sup>60</sup> Quelle: Grundlagen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre, Opresnik, Renhak 2012, S.369.

<sup>61</sup> Vgl. Kostenmanagement und Controlling, Stelling, 2009, S.22

In der Kostenstellenrechnung werden die Kostenarten dem Ort ihrer Entstehung zugeordnet. „Unter einer Kostenstelle wird ein kostenrechnerisch selbständig abgerechneter betrieblicher Teilbereich verstanden.“ (Stelling, 2009 S.34) Die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit ist nur gegeben, wenn bekannt ist, wo die Kosten beeinflussbar sind. In der dritten Stufe der Kostenrechnung, der Kostenträgerstückrechnung, werden die Einzelkosten und die Gemeinkosten der Kostenträger verrechnet.<sup>62</sup> Die zwei Verfahren werden Kostenträgerstückrechnung (Kalkulation), in dem die Herstellkosten und Selbstkosten ermittelt werden, und die Kostenträgerzeitrechnung, in der sämtliche in der Abrechnungsperiode angefallenen Kosten erfasst und auf die Kostenträger verteilt werden, genannt.

Für die theoretische Darstellung der Kostenanalyse aus der Abbildung 24 ergibt sich für die technische Beschneigung die Darstellung in Abbildung 25.

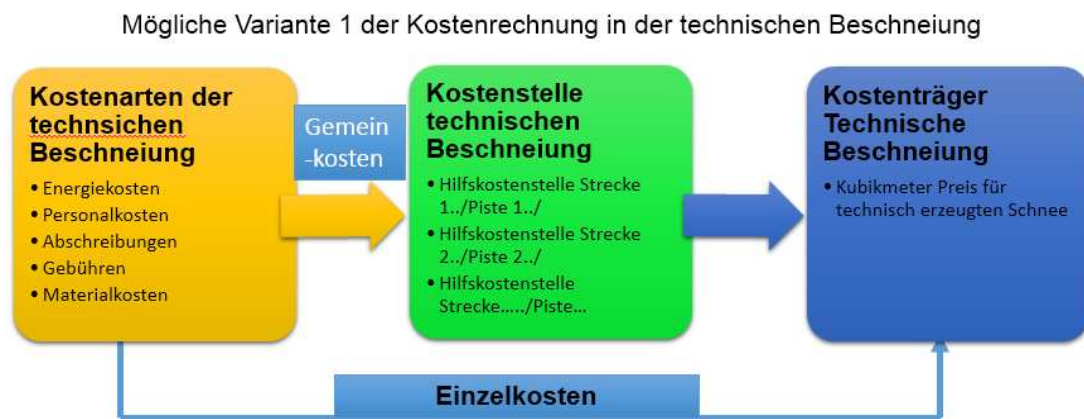


Abbildung 25 <sup>63</sup>Kostenrechnungsmodell für technische Beschneigung

In Seilbahnunternehmen empfiehlt es sich die technische Beschneigung als Kostenträger anzusehen, da es sich um die Erzeugung des Produktes Schnee handelt, können die Kostenarten als Einzelkosten an den Kostenträger weitergegeben werden. Für größere Seilbahnunternehmen besteht die Möglichkeit, Kostenstellen in Form von Strecken, Pisten oder Maschinen anzusetzen. Bei der Zuordnung der Maschinen besteht der Nachteil, dass diese mobil im ganzen Schigebiet eingesetzt werden können. Dadurch wird die Zuordnung auf Strecken erschwert. Der Einsatz von stationären Maschinen ermöglicht eine Kostenanalyse über die Datenaufzeichnung. Beispielsweise kann über die Datenaufzeichnung des Wasserverbrauchs die Schneemenge berechnet werden. Über

<sup>62</sup> Vgl. Grundlagen der allgemeinen Betriebswirtschaftslehre, Opresik, Rennhart, 2012, S. 369.

<sup>63</sup> Eigene Ausarbeitung.



die Betriebsstunden ist es möglich, die Energiekosten zu erfassen. Eine Strecke oder Schipiste als Kostenstelle zuzuordnen hat den Vorteil, dass eindeutig identifiziert werden kann, wie hoch die Kosten für jede einzelne Strecke sind. Die wechselnden topographischen Formen der jeweiligen Strecken verändern die Voraussetzungen für die technische Beschneigung. Für die strategische Ausrichtung empfiehlt es sich daher, die Kostenanalysen der jeweiligen Strecken zu kennen.

In der weiteren Abbildung 26 wird eine zweite Variante der Kostenanalyse für die technische Beschneigung dargestellt. Bei dieser ist der Kostenträger ebenfalls der erzeugte Schnee jedoch fließen hier die kompletten Kosten für die Pistenpräparierung mit ein. Bei diesem Prinzip ist die Transparenz der Kosten nicht so detailliert gegeben wie es in Variante 1 der Fall ist. Hauptgründe dafür sind u.a. das die Maschinenkosten für die Präparierung mit eingerechnet werden.

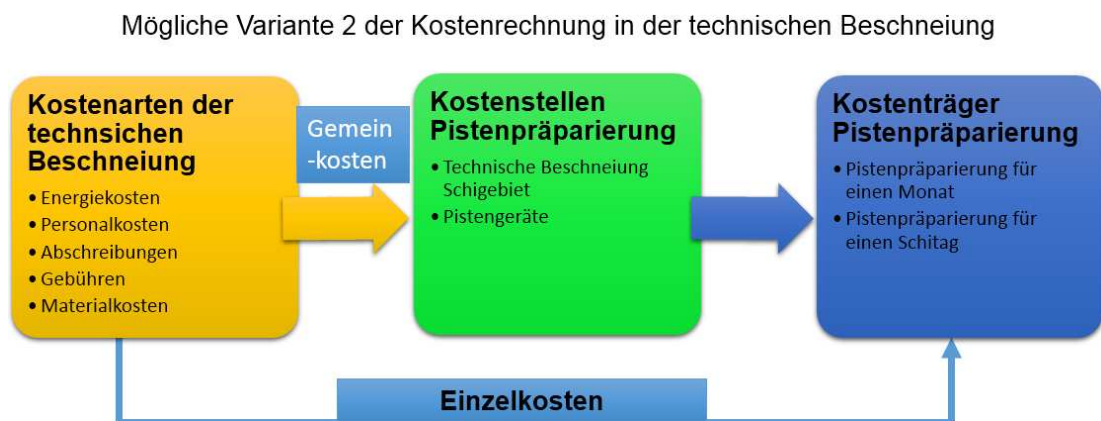


Abbildung 26 <sup>64</sup>Kostenrechnungsmodell 2 für technische Beschneigung (eigene Darstellung)

#### 4.1.5 Kostenrechnungsmodell für die technische Beschneigung

Aus den vorangegangenen Grundlagen soll nun ein Kostenrechnungssystem erarbeitet werden. Bei der Betrachtung des Pistenplans vom Schigebiet Ischgl-Samnaun in Abbildung 27 wird gleich ersichtlich, dass es sich durchaus schwierig gestaltet die Kostenstelle technische Beschneigung detailliert auszuarbeiten.

<sup>64</sup> Eigene Ausarbeitung.



Abbildung 27 <sup>65</sup>Schigebiet und Pistenplan Ischgl

Das Schigebiet Ischgl reicht von der Talstation im Dorf auf 1400 m Seehöhe bis zu 2872 m Seehöhe, der Höhenunterschied von 1472 m ist mit zahlreichen Pisten belegt. Für jede einzelne Pisten- oder Streckenführung eine eigene Kostenstelle festzulegen wird unübersichtlich. Es kann hilfreich sein, Pisten für Kostenstellen zusammen zu legen. Die einfachste Variante ist, die Kostenstelle technische Beschneieung einzeln zu betrachten, das bedeutet, alle Pisten die beschneit werden, sind in einer Kostenstelle erfasst. In der Kostenträgerrechnung wird der Preis für einen Kubikmeter Schnee berechnet. Schigebiete mit zahlreichen Liften haben in den meisten Fällen von der Talstation bis zur Bergstation einen relativ großen Höhenunterschied, bei dem die meteorologischen Verhältnisse stark schwanken können und dadurch die Ausbringleistung der Schneemenge stark variiert. Aus diesem Grund wiederum würde es Sinn machen, Einteilungen vorzunehmen damit eine bessere Transparenz der Kostenentwicklungen gegeben ist.

<sup>65</sup> Quelle: [www.ischgl.com](http://www.ischgl.com), 2014.

## 4.2 Total Cost of Ownership Model der technischen Beschneidung

<sup>66</sup>Beim Begriff Total Cost of Ownership werden alle gesamt anfallenden Kosten, erfasst und analysiert, die vom Kaufpreis eines Produktes bis hin zu den anfallenden Kosten während der Lebensdauer reichen. Handelt es sich um ein Investitions- oder Gebrauchsgut, wie eine Beschneidungsanlage, verursacht diese neben der Beschaffung auch im Betrieb Kosten, wie beispielsweise für Wartung und Reparaturen. Diese gesamten, total erfassten Kosten, nennt man Total Cost of Ownership. Das Modell eignet sich daher als Grundlage für eine Entscheidungsfindung, um die kostengünstigste Lösung herauszufinden. Über die Erfassung der Kosten kann relativ gut analysiert werden, wo sich Kostentreiber und Einsparungspotentiale befinden. Bereits bei der Planung können wirtschaftliche Analysen mit Hilfe verschiedener Investitions-Entscheidungsrechnungen die strategische Ausrichtung für die Beschneidung unterstützen.

### 4.2.1 Positionen für Investitionskosten

„Die Verwendung finanzieller Mittel ist die Investition, die Beschaffung bzw. Aufbringung finanzieller Mittel kennzeichnet die Finanzierung.“ (Härdler, 2012, S.335)

Aus dieser Definition wird ersichtlich, dass die Begriffe Investition und Finanzierung im Zusammenhang stehen. Eine Investition (Kapitalverwendung), kann nur durchgeführt werden, wenn die Finanzierung (Kapitalbeschaffung) erfolgt ist bzw. möglich ist. Um die Wirtschaftlichkeit einer Investition zu betrachten, müssen mehrere Alternativen gegeben sein. Zum Beispiel gibt es bei der Anschaffung einer Maschine unterschiedliche Betrachtungspunkte, das können neben den Anschaffungskosten auch die jährlichen Betriebskosten sein. Eine Maschine kann trotz höherer Anschaffungskosten über die Nutzungsdauer wirtschaftlicher sein als eine Maschine mit niedrigem Anschaffungspreis. Deshalb ist es von Wichtigkeit eine gesamte Analyse der anfallenden fixen und variablen Kosten durchzuführen. <sup>67</sup>Um Investitionsbetrachtungen durchzuführen gibt es mehrere Verfahren. Es wird zwischen den statischen Investitionsrechnungen, zu denen die Kostenvergleichsrechnung, die Gewinnvergleichsrechnung, die Rentabilitätsvergleichsrechnung und die Amortisationsrechnung gehören und den

---

<sup>66</sup> Vgl. [www.business-wissen.de](http://www.business-wissen.de).

<sup>67</sup> Vgl. Investition, Olfert, 2012, S.150-245

dynamischen Investitionsrechnungen, Kapitalwertmethode, Interne Zinsfuß Methode und die Annuitätenmethode, unterschieden.

Investitionsbetrachtungen können im Zusammenhang mit der technischen Beschneidung beispielsweise für die Schneeerzeuger (Lanzen, Propellermaschinen) verwendet werden. In der Projektierung können ebenfalls wirtschaftliche Betrachtungen und Möglichkeiten geprüft werden, wie sich die Investition auf die Kosten auswirkt. Bei der Projektierung können alternative Möglichkeiten im Zusammenhang mit den geographischen Gegebenheiten betrachtet werden. Besteht zum Beispiel die Möglichkeit den Wasserspeicher in einer flacheren Hanglage zu bauen, als in steilem Gelände, können sich die Baukosten erheblich senken oder durch kürzere Leitungsführungen, können die Investitionskosten ebenfalls gesenkt werden.

Eine Investition bringt fixe und variable Kosten mit sich. Fixkosten sind jene Kosten, die über mehrere Perioden immer wieder anfallen. Das sind u.a.

- Abschreibungen
- Zinsen aus Finanzierung
- Gehälter von Angestellten
- Instandhaltungskosten
- Raumkosten für die Lagerung der Maschinen und Werkstätte
- Sonstige Fixkosten (Wassernutzung, Pachtzahlungen, etc...)

Variable Kosten, sind Kosten, die durch den Einsatz der Schneeerzeuger anfallen und über jede einzelne Produktionseinheit steigen. Variable Kosten sind

- Löhne der Mitarbeiter (Stundenlohn, Akkordlohn, etc..)
- Energiekosten
- Werkzeugkosten
- Maschineneinsätze (Pistengerät, Skidoo)
- Sonstige variable Kosten

Der Punkt, Maschineneinsätze, ist deshalb den variablen Kosten zugeordnet, weil die Maschinen für Aufstellung der Anlagen, Kontrollfahrten und Ausrichtung nicht ausschließlich für die Schneeerzeuger genutzt werden. Die Maschinen werden vorwiegend für die Präparierung der Piste verwendet. Die Kosten können über einen Gemeinkostensatz der technischen Beschneigung zugeordnet werden.

In Tabelle 13 werden diverse Positionen für ein ausführliches Investitionskostenmodell aufgelistet, welche keinen allgemein gültigen Charakter haben. Können aber als die gängigsten Positionen betrachtet werden.

Objekt		Abschreibungsdauer	
1	Speichersee	30 - 45	Jahre
2	Leitungsführung	20 - 30	Jahre
3	Schneeerzeuger	12	Jahre
4	Linienmaterial	20 - 30	Jahre
5	Druckluftaufbereitung	20 - 30	Jahre
6	Werkstatteneinrichtung	12	Jahre
7	Gebäude	30 - 45	Jahre
8	Elektroversorgung	20 - 30	Jahre

Tabelle 13 <sup>68</sup>Investitionsübersicht technische Beschneigung

Aus den angeführten Positionen werden die jährlichen Abschreibungswerte definiert, die die jährlichen Kosten der technischen Beschneigung verursachen. Im internen Rechnungswesen kann die Abschreibungsdauer eigenständig bestimmt werden, beim externen Rechnungswesen müssen Regeln der Buchführung nach dem Handelsgesetzbuch eingehalten werden. Wird eine längere Abschreibungsdauer angesetzt, können die jährlichen Fixkosten gesenkt werden, allerdings müssen sie dann über einen längeren Zeitraum getragen werden.

Nach Aussagen der Seilbahnbetreiber sind die angeführten Positionen die Kostentreiber für die technische Schneeerzeugung. Optimale Voraussetzungen, die Investitionskosten geringer zu halten sind gegeben, wenn genügend Wasser in Form von Bächen vorhanden ist. Für die Anlegung von Speicherseen, wird eine entsprechende Fläche benötigt. Ist nur wenig Wasser vorhanden und dieses muss über lange Leitungen und Pumpen auf den

<sup>68</sup> Eigene Ausarbeitung.

Berg gepumpt werden, steigen die Kosten beim Bau der Infrastruktur für die Beschneigung an. Lange Strecken benötigen viele Schneeerzeuger und lange Leitungsführungen, wodurch die Investition für Maschinen und Leitungsmaterial in die Höhe steigen.

#### 4.2.2 Betriebskosten

Für die Erfassung der laufenden Betriebskosten muss gleich vorgegangen werden wie bei der Aufstellung der Investitionskosten. In Tabelle 14 werden sämtliche Kostenarten die zum Betriebskostenmodell gehören angeführt. Die Betriebskosten entstehen durch den Einsatz von Maschinen. Für die technische Beschneigung fallen zum Teil Kostenarten an, die nicht alltäglich sind, als Beispiel sind Pachtzahlungen und Wassernutzungskosten zu nennen.

Kostenart
Energiekosten
Wartung, Reparaturen und Instandhaltung
Werkstätteneinrichtung
Personalkosten (Löhne und Gehälter)
Werkzeuge und Hilfsstoffe
Lagerkosten für Maschinen im Sommer
Wassernutzung
Gebäudekosten
Abschreibungen aus Investitionen
Schulungskosten
Spritkosten für Hilfsmaschinen

*Tabelle 14 <sup>69</sup>Betriebskosten technische Beschneigung*

#### 4.2.3 Plankostenrechnung

Das Hauptziel der Plankostenrechnung ist die Kostenkontrolle, mit der ich mich auf den weiteren Seiten dieser Arbeit befassen möchte. <sup>70</sup>Kosten sind nur dort kontrollierbar, wo sie entstehen, nämlich in den Kostenstellen. Wird wie in Abbildung 25 dargestellt, den jeweiligen Strecken eine Kostenstelle zugeordnet, kann eine entsprechende Analyse über die entstandenen Kosten erfasst werden. Mit dieser Variante ist es möglich die Kosten für die jeweiligen Strecken zu planen bzw. einzugrenzen. Wie schon erwähnt wurde, ist eine

<sup>69</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>70</sup> Vgl. Kostenmanagement und Controlling Instrumente, Stelling, 2009, S.34.

exakte Ermittlung wegen der Schwankungen der meteorologischen Faktoren nicht möglich. Es können Überlegungen angestellt werden, welche Maschinenbesetzung auf welcher Strecke, bei welchen Temperaturbereichen aus Kostenbetrachtungen wirtschaftlich sinnvoll ist. Wie die Wintersaison 2013/14 in Vorarlberg gezeigt hat, kommt der Maschinenbesetzung für eine Strecke entsprechende Bedeutung zu. Zahlreiche Schneedepots wurden in der Kälteperiode im November erzeugt, diese Depots reichten aber nicht um den Betrieb aufzunehmen. Dabei sind Kosten entstanden, die nicht durch Einnahmen über den Schibetrieb kompensiert werden konnten. Es war sicherlich eine Ausnahmesituation, das im Dezember die wenigsten Niederschläge seit mehreren Jahrzehnten eingetreten sind und zugleich auch noch eine Wärmeperiode mitwirkte. Mit Hilfe einer Plankostenrechnung kann eine Analyse über die Maschinenbesetzung in Abhängigkeit der Temperatur und eine Eingrenzung der entstehenden Kosten erfolgen. Es ist von Wichtigkeit, die Strecke in der verfügbaren Zeit zu beschneien, was in Abhängigkeit des Wetters unterschiedliche Kosten verursacht. Strategisch gesehen ist es immer noch besser die Planung so auszulegen, das mit einem Teilbetrieb, sprich nur mit verfügbaren beschneiten Pisten, gestartet werden kann. Dadurch kann etwas an Umsatz generiert werden und die anfallenden Fixkosten steht eine Einnahme gegenüber.

### **4.3 Kostenentwicklung für die technische Beschneigung**

Im weiteren Abschnitt wird eine Kostenanalyse für die technische Beschneigung aus dem praktischen Beispiel in Kapitel 3 durchgeführt. Ziel ist es, eine Kosten – Nutzen - Betrachtung bei wechselnden Einflussfaktoren zu betrachten.

#### **4.3.1 Gesamtkostenentwicklung der technischen Beschneigung**

Das projektierte Beispiel aus Kapitel 3 soll nun auf die Entwicklung der Gesamtkosten in Abhängigkeit des Wasserdurchsatzes und der Feuchtkugeltemperatur betrachtet werden. Das Betrachtungsfeld der Feuchtkugeltemperatur liegt zwischen  $-3^{\circ}\text{C}$  und  $-13^{\circ}\text{C}$ . Ist eine niedrige Feuchtkugeltemperatur ( $< -10^{\circ}\text{C}$ ) gegeben, kann der maximale Wasserdurchsatz an den Schneeerzeugern gewählt werden und über diesen wird die produzierte Schneemenge pro Zeiteinheit erreicht. Der Energieverbrauch an den Maschinen bleibt immer konstant, jedoch kann bei sinkenden Temperaturen mehr Schnee pro Zeiteinheit erzeugt werden als bei steigenden Temperaturen bis hin zur Grenztemperatur von  $-3^{\circ}\text{C}$  Feuchtkugeltemperatur.



In Tabelle 15 sehen wir eine Übersicht wie eine Gesamtkostenanalyse für die technische Beschneigung aussehen kann. Da die Maschinen nur ein Produkt erzeugen, nämlich Schnee, können die anfallenden Kosten als Einzelkosten betrachtet werden und direkt dem Kostenträger Schnee zugeordnet werden. Möchte man eine Analyse mittels Kostenstellen durchführen, müssten diverse Kosten wie Gehaltskosten, Energiekosten und Werkzeugkosten über Gemeinkostensätze den jeweiligen Kostenstellen zugeordnet werden. Die Zahlen für die Energiekosten können über den Energieverbrauch und Einsatzzeit der Maschine erfasst werden, was mit dem Datenblatt der Maschinen möglich ist. Der Personalkosten (Löhne) können über die Beschneigungszeit berechnet werden. Für die Fixkosten wurden Annahmen getroffen, diese können sich in Ihrem Wert in der Projektierungsphase rasch ändern. Für die Abschreibungen wurde immer der gleiche Wert verwendet obwohl sich die Maschinenzahl in Abhängigkeit der Temperatur ändert. Dabei wird davon ausgegangen, dass eine konstante Maschinenzahl beschafft wird, egal ob diese eingesetzt werden oder nicht, die Abschreibungen fallen dennoch an. Wird die Abschreibung mit 10 Maschinen berücksichtigt, sind für die Beschneigung ab -5°C ff zu wenige Maschinen verfügbar.

GESAMTKOSTENANALYSE Technische Beschneigung												
Bezeichnung	Feuchtkugeltemperatur °C											Einheit
	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	
Anzahl Propeller	3	3	3	3	4	4	3	3	6	6	10	Stück
Anzahl Lanzen	2	2	2	2	2	2	6	6	7	7	10	Stück
Wasserdurchsatz Maschinen	35,5	35,5	35,5	35,5	35,0	35,0	34,4	34,4	35,0	35,0	34,2	l / Sekunde
Schneemenge pro Stunde bei 400 KG / m³	320	320	320	320	315	315	310	310	315	315	308	m³ / Stunde
Beschneigungszeit	60	60	60	60	61	61	62	62	61	61	63	Stunden
notwendiges Personal	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	Anzahl
variable Kosten												
Energiekosten	2468	2468	2468	2468	2784	2784	2543	2543	3386	3386	4856	€
Personalkosten	1448	1448	1448	1448	1470	1470	2989	2989	2940	2940	4515	€
Werkzeugkosten	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	€
sonstige variable Kosten	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	€
Fixkosten												
Abschreibungen	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	40000	€
Finanzierungskosten	48789	48789	48789	48789	48789	48789	48789	48789	48789	48789	48789	€
Pachtzahlungen	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	€
Instandhaltungskosten	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	€
Wassernutzungskosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Gehaltskosten	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	€
sonstige fixe Kosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Summe variable Kosten	6917	6917	6917	6917	7254	7254	8532	8532	9326	9326	12370	
Summe Fixkosten	118789	118789	118789	118789	118789	118789	118789	118789	118789	118789	118789	
Gesamtkosten	125706	125706	125706	125706	126043	126043	127321	127321	128115	128115	131159	
Kosten pro Kubikmeter	6,51 €	6,51 €	6,51 €	6,51 €	6,53 €	6,53 €	6,60 €	6,60 €	6,64 €	6,64 €	6,80 €	

Tabelle 15 <sup>71</sup>Gesamtkostenanalyse

Die Tabelle 15 zeigt eine Auflistung der variablen- und fixen Kosten, welche die Gesamtkosten aus dem projizierten Beispiel in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur

<sup>71</sup> Eigene Ausarbeitung.



ergeben. Dabei wird ersichtlich, dass für die Strecke die Kosten mit steigender Temperatur ansteigen werden.

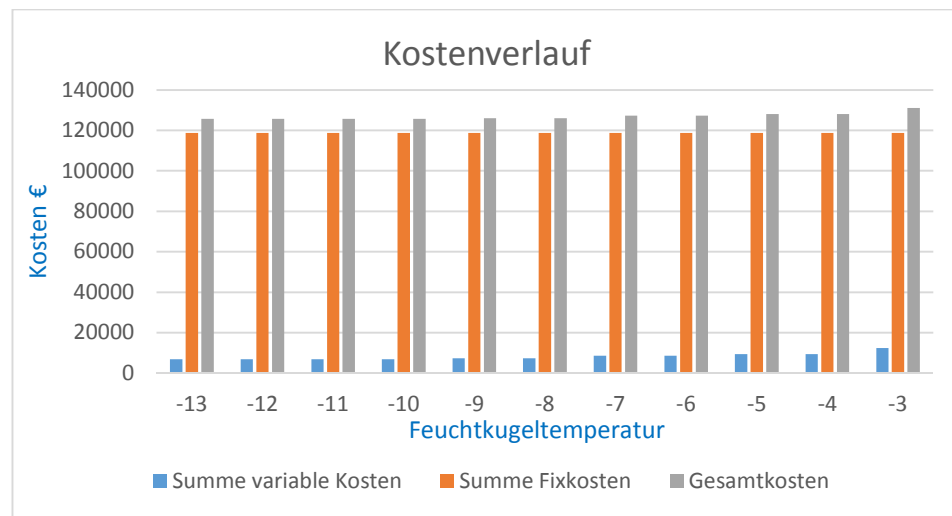


Abbildung 28 <sup>72</sup>Kostenverlauf technische Beschneigung

In Abbildung 28 sind die Kosten nochmals dargestellt, die variablen Kosten sind im Verhältnis zu den fixen Kosten sehr gering und machen nur einen kleinen Teil der Gesamtkosten aus. Die Kosten für einen Kubikmeter Schnee betragen bei -13°C 6,51€ bei -3°C 6,80 €, das entspricht einem Schwankungsbereich von ca. 4 %. Bei dieser Analyse ist darauf hinzuweisen, dass die Feuchtkugeltemperatur über die Beschneigungszeit nicht konstant ist. Das bedeutet, dass die Kosten für einen Kubikmeter Schnee im Bereich von 6,51 € bis 6,80 € liegen werden.

#### 4.3.2 Gesamtkostenentwicklung durch Lanzen

Nach dem in Kapitel 4.3.1 eine Gesamtkostenentwicklung durch den Einsatz von Propellermaschinen und Lanzen betrachtet wurde, werde ich in diesem Kapitel eine Kostenentwicklung durch den Einsatz von Beschneigungslanzen betrachten. Wie in Kapitel 2 bereits dargestellt, können Beschneigungslanzen nicht die Wassermengen und dadurch verbunden die Schneemengen pro Zeiteinheit erzeugen, wie Propellermaschinen. Zudem haben sie auch nicht die Wurfweite wie eine Propellermaschine, was für eine Flächenbeschneigung Nachteile mit sich bringt. Der produzierte Schnee muss durch Pistengeräte anschließend verschoben werden, dadurch

<sup>72</sup> Eigene Ausarbeitung.

kommt es zu deutlichen Mehraufwendungen im Maschineneinsatzbereich, was wiederum zu Kostenanstiegen in der Pistenpräparierung führt. Lanzen sind in der Anschaffung um einiges günstiger und haben auch deutlich weniger Energieverbrauch, jedoch können diese nur stationär und nicht mobil eingesetzt werden. Tabelle 16 zeigt den Gesamtkostenverlauf wenn die projektierte Strecke aus Kapitel 3 mit einer Schneemenge von 20 000 m<sup>3</sup> nur mit Beschneiungslanzen beschneit wird.

Lanze	Feuchtkugeltemperatur °C											Einheit
	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	
Anzahl Maschinen	6	6	6	6	8	8	10	10	16	16	25	Stück
Wasserdurchsatz	33	33	33	33	35	35	33	33	35	35	34	Liter pro Sekunde
Schneemenge pro Stunde	295	295	295	295	315	315	295	295	315	315	308	m <sup>3</sup> pro Stunde
Beschneigungszeit	68	68	68	68	63	63	68	68	63	63	65	Stunden
variable Kosten												
Energiekosten	1819	1819	1819	1819	1879	1879	1980	1980	2180	2180	2540	€
Personalkosten	1568	1568	1568	1568	2938	2938	3138	3138	2938	2938	4508	€
Werkzeugkosten	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	€
sonstige variable Kosten	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	€
Fixkosten												
Abschreibungen	35000	35000	35000	35000	35000	35000	35000	35000	35000	35000	35000	€
Finanzierungskosten	45500	45500	45500	45500	45500	45500	45500	45500	45500	45500	45500	€
Pachtzahlungen	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	€
Instandhaltungskosten	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	€
Wassernutzungskosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Gehaltskosten	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	€
sonstige fixe Kosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Summe variable Kosten	6387	6387	6387	6387	7816	7816	8118	8118	8118	8118	10048	€
Summe Fixkosten	107500	107500	107500	107500	107500	107500	107500	107500	107500	107500	107500	€
Gesamtkosten	113887	113887	113887	113887	115316	115316	115618	115618	115618	115618	117548	€
Kosten pro Kubikmeter	5.69	5.69	5.69	5.69	5.77	5.77	5.78	5.78	5.78	5.78	5.88	€/ m3

Tabelle 16 <sup>73</sup>Gesamtkostenentwicklung durch Lanzen

Wie auch in der zuvor angeführten Gesamtkostenanalyse wird auch hier die Gesamtkostenentwicklung in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur und des Wasserdurchsatzes berechnet. Der Anschaffungspreis von Lanzen ist geringer als jener von Propellermaschinen, was Auswirkungen auf die Abschreibungen und die Finanzierungskosten haben kann. Wie bereits in Tabelle 15 angeführt ändert sich die Maschinenanzahl über die Feuchtkugeltemperatur, was mit dem unterschiedlichen Wasserdurchsatz zu tun hat. Dies hätte auch Auswirkungen auf die Abschreibungen und Finanzierung. Es wird davon ausgegangen das eine konstante Anzahl an Maschinen beschafft wird, für diese Anzahl müssen die Abschreibungen und Finanzierungen auch getragen werden, egal ob Sie eingesetzt werden oder nicht. Sind mehrere Strecken zu beschneien, hätte man dadurch die Möglichkeit zu prüfen, welche Maschinen für andere Strecken zur Verfügung stehen könnten.

<sup>73</sup> Eigene Ausarbeitung.

Der Energieverbrauch bei Lanzen ist auch deutlich geringer, was zur Folge hat, dass die Energiekosten gesenkt werden. Die Personalkosten bleiben annähernd gleich, weil diese von den Einsatzstunden abhängig sind, diese sollen sich um ca. 80 Stunden bewegen. Aus dem Kostenverlauf wird ersichtlich, dass die Kosten für die Schneeerzeugung um einiges geringer sind als im vorhin angeführten Beispiel. Kritisch betrachtet werden muss die Anzahl der Maschinen, die eingesetzt werden. Mit einer reduzierten Anzahl von Maschinen ist es bei kalten Temperaturen möglich die notwendige Schneemenge pro Zeiteinheit zu produzieren, jedoch steht die flächendeckende Beschneigung im Vordergrund. Dies bedeutet, dass trotz kalten Temperaturen für die Strecke mehrere Schneeerzeuger eingesetzt werden müssen, welche mit einem reduzierten Wasserdurchsatz betrieben werden. In Abbildung 29 wird der Kostenverlauf im Diagramm dargestellt, wenn nur Lanzen zum Einsatz kommen.

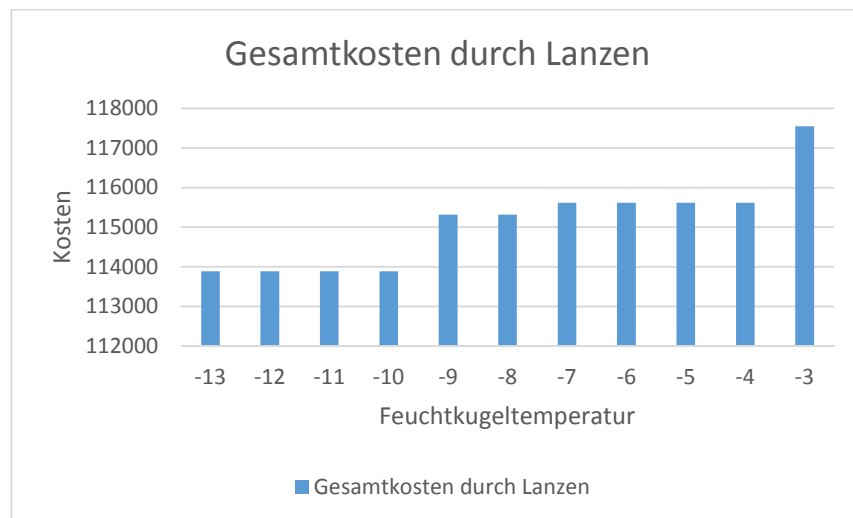


Abbildung 29 <sup>74</sup>Gesamtkosten durch Lanzen

<sup>74</sup> Eigene Ausarbeitung.

### 4.3.3 Gesamtkostenentwicklung durch Propellermaschinen

Wie bei den Lanzen kann das gleiche Modell für Propellermaschinen eingesetzt werden. Auch hier ergeht wieder der Hinweis, dass die Kosten Schwankungen unterliegen, da sich der Temperaturverlauf innerhalb der angestrebten Beschneigungszeit ändern kann.

Propeller	Feuchtkugeltemperatur °C											Einheit
	-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	
Anzahl Maschinen	4	4	4	4	5	5	7	7	10	10	17	Stück
Wasserdurchsatz	33	33	33	33	33	33	34	34	33	33	35	Liter pro Sekunde
Schneemenge pro Stunde	295	295	295	295	295	295	310	310	295	295	314	m³ pro Stunde
Beschneigungszeit	68	68	68	68	68	68	65	65	68	68	64	Stunden
variable Kosten												
Energiekosten	2362	2362	2362	2362	2558	2558	2885	2885	3539	3539	4716	€
Personalkosten	1569	1569	1569	1569	1569	1569	2989	2989	3138	3138	2954	€
Werkzeugkosten	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	€
sonstige variable Kosten	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	€
Fixkosten												
Abschreibungen	38000	38000	38000	38000	38000	38000	38000	38000	38000	38000	38000	€
Finanzierungskosten	50500	50500	50500	50500	50500	50500	50500	50500	50500	50500	50500	€
Pachtzahlungen	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	€
Instandhaltungskosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Wassernutzungskosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Gehaltskosten	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	€
sonstige fixe Kosten	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	€
Summe variable Kosten	6931	6931	6931	6931	7128	7128	8874	8874	9677	9677	10670	€
Summe Fixkosten	116500	116500	116500	116500	116500	116500	116500	116500	116500	116500	116500	€
Gesamtkosten	123431	123431	123431	123431	123628	123628	125374	125374	126177	126177	127170	€
Kosten pro Kubikmeter	6.17	6.17	6.17	6.17	6.18	6.18	6.27	6.27	6.31	6.31	6.36	€/ m3

Tabelle 17 <sup>75</sup>Gesamtkostenanalyse Propeller

Auch in dieser Abbildung gelten wieder die gleichen Betrachtungspunkte wie zuvor bei den Lanzen. Die Abschreibungen setzen sich aus dem Anschaffungspreis der Propellermaschinen anders zusammen als bei den Lanzen. Die Finanzierungskosten sind ebenfalls Änderungen unterworfen da sich die Investitionssumme ändert. Die Energiekosten verändern sich ebenfalls weil Propellermaschinen mehr Leistung benötigen als Lanzen. Der Wasserdurchsatz bei Propellermaschinen ist größer, dadurch benötigen auch die Pumpen mehr Energie um das notwendige Volumen und Druck an der Maschine bereit zu stellen.

### 4.3.4 Gesamtkostenvergleich Propeller vs. Lanzen

Aus den durchgeführten Kostenanalysen für die jeweiligen Maschinen können nun die Werte gegenübergestellt werden. Aus dem Diagramm veranschaulichen die blauen

<sup>75</sup> Eigene Ausarbeitung.

Balken den Gesamtkostenverlauf, wenn nur Propeller Maschinen für die Strecke eingesetzt werden. Die orangen Balken zeigen, dass die Gesamtkosten der Lanzen um einiges geringer sind. Der Bereich der Beschneigungszeit ist bei beiden Anlagenvarianten im gleichen Bereich. Das Ziel 80 Stunden wird mit einem Bereich von 62 bis 68 Stunden deutlich unterschritten.

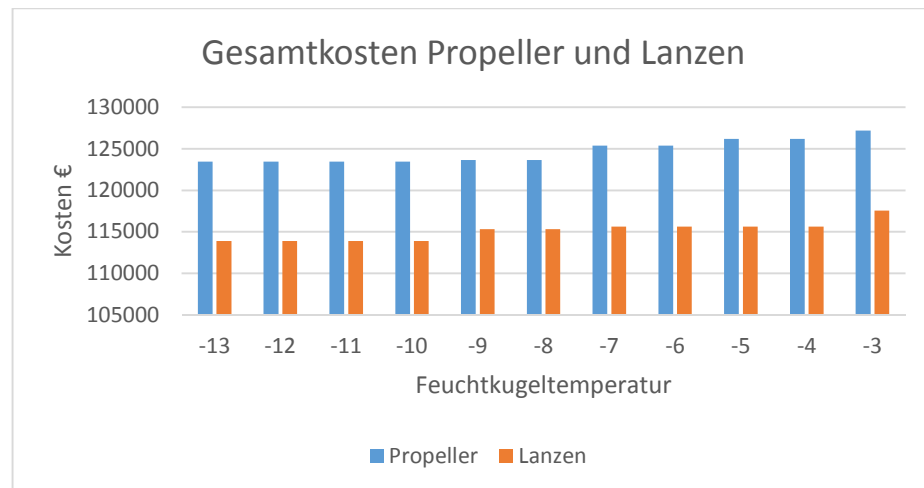


Abbildung 30 <sup>76</sup>Gesamtkosten Propeller und Lanzen

Ein Aussagekräftiger Wert ist der Preis, welcher für die Produktion von einem Kubikmeter Schnee entsteht. Mit diesem Wert ist es möglich, die Kostenschwankungen über die Wetterprognose einzugrenzen. In Abbildung 31 werden die Kosten für einen Kubikmeter Schnee dargestellt. Der Verlauf der blauen (Propeller) und orangen (Lanzen) Balken bleibt gleich, da die benötigte Schneemenge auch konstant bleibt. Propeller produzieren Schnee im Bereich von 6,17 € bis 6,36 €, Lanzen von 5,69 € bis 5,89 €. Für die weitere Planung ist es damit möglich die entstehenden Kosten trotz schwankender Temperaturen einzugrenzen.

<sup>76</sup> Eigene Ausarbeitung.

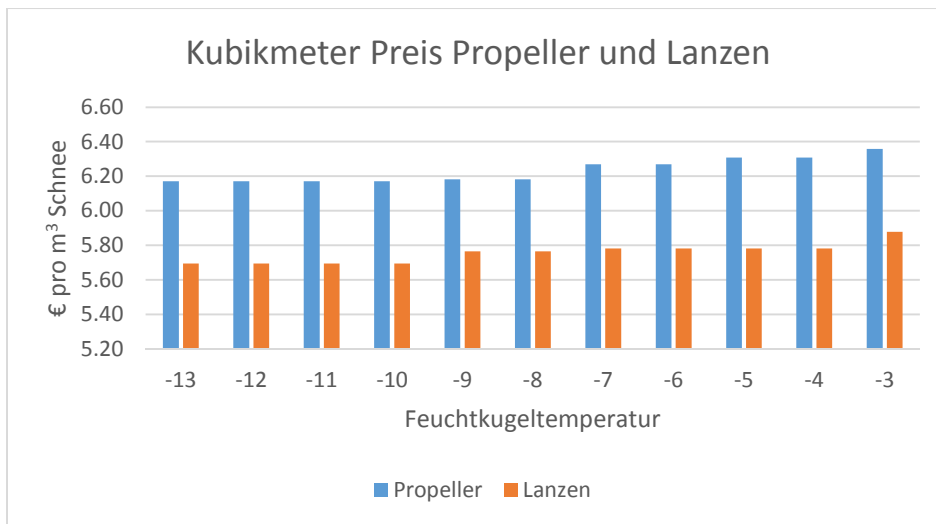


Abbildung 31 <sup>77</sup>Preis pro Kubikmeter Schnee

## 4.4 Kostenplanung mit Hilfe der Wettervorhersage

Nach dem bisher die Gesamtkosten ausführlich analysiert wurden und die Möglichkeiten der Schwankungen beschrieben wurden, soll nun ein Planungsinstrument mit Hilfe einer Wettervorhersage erarbeitet werden, welches eine Kostenkontrolle zulässt.

Je nach Wetterbericht werden unterschiedliche Informationen bereitgestellt. Die wichtigsten Informationen die ein Wetterbericht für die technische Beschneigung enthalten muss, sind wie in Kapitel 1 erwähnt, die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit und die Windstärken. Über die Windstärken kann geprüft werden, ob eine Beschneigung überhaupt möglich ist. Ab einer Windstärke von 10 m/s sollten Schneeanlagen nicht mehr betrieben werden.

Zudem gibt es langfristige und kurzfristige Wetterprognosen. Bei den langfristigen ist die Unsicherheit mehr gegeben als bei den kurzfristigen. Vor der Wintersaison können die langfristigen Prognosen die strategische Planung unterstützen. Unmittelbar im Betrieb bzw. über die Wintermonate hinweg sollten die kurzfristigen Prognosen für die operative Planung eingesetzt werden. Für die Anforderung, die Beschneigungszeit in 80 Stunden einzuhalten, kann daher eine 4 bis 5 Tage Wetterprognose verwendet werden.

Aus Abbildung 32 sehen wir ein Vorhersagediagramm, dass die Temperaturentwicklung für mehrere Tage angibt, das Problem an diesem Diagramm ist, dass die Angabe zur Luftfeuchtigkeit fehlt. Ab einer Lufttemperatur von – 3°C kann die Möglichkeit der

<sup>77</sup> Eigene Ausarbeitung.

Beschneigung jedoch detailliert geplant werden, weil die Feuchtkugeltemperatur  $-3^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreiten kann.

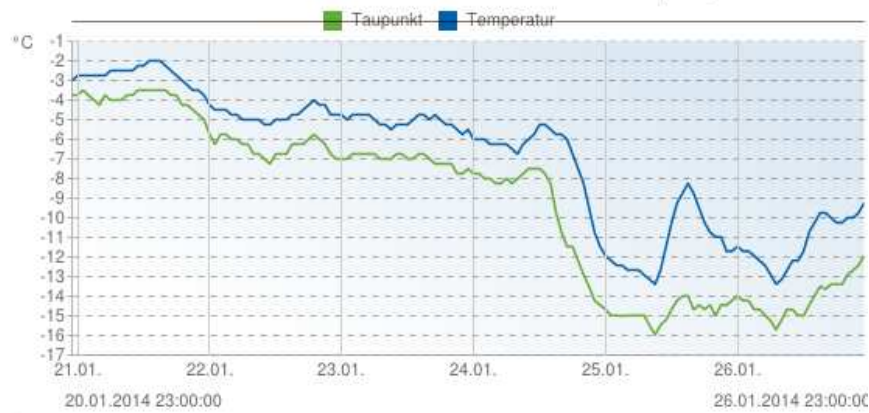


Abbildung 32 <sup>78</sup>14 Tage Temperatur Trend

Mit den Angaben aus dem Wetterbericht können die zu erwartenden variablen Kosten berechnet werden, diese steigen mit jeder Produktionseinheit an, in diesem Falle mit der Erzeugung von einem Kubikmeter Schnee. Die Fixkosten, bleiben wie bereits erläutert, über die Periode konstant, das bedeutet je mehr Schnee erzeugt wird, desto geringer werden die Kosten von einem Kubikmeter Schnee. In Tabelle 18 sind Daten von einer Wetterprognose angeführt. Diese unterscheiden sich zwischen Tages- und Nachttemperaturen, in den meisten Fällen sind diese auch mit min. Temperatur und max. Temperatur angegeben. Je nach Wetterbericht ist auch ein Wert für die relative Luftfeuchtigkeit angegeben. Allgemein kann darauf hingewiesen werden, dass bei Niederschlägen meistens eine hohe relative Luftfeuchtigkeit von 60 % bis 90 %, bei sonnigen, kalten, klaren Nächten eine relative Luftfeuchtigkeit von 10 % bis 40 %, gegeben ist.

<sup>78</sup> Quelle: [www.wzforum.de](http://www.wzforum.de), 2014.



	Donnerstag		Freitag		Samstag		Sonntag		Einheit
	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	
Wetterdaten									
Lufttemperatur	-8	-4	-9	-5	-10	-6	-6	-4	°C
Luftfeuchtigkeit	40	50	30	40	30	50	50	30	%
Feuchtkugeltemperatur	-10.2	-6.4	-11.5	-7.7	-12.3	-8.1	-8.1	-7.4	°C
Beschneungsangaben									
Beschneungszeit	12	12	12	12	12	12	12	12	Stunden
Schneemenge pro Stunde	320	310	320	310	320	315	315	310	m³ / Stunde
Schneemenge	3840	3720	3840	3720	3840	3780	3780	3720	m³
Schneemenge Gesamt	7560		15120		22740				m³
Kostenentwicklung									
variable Kosten pro Kubikmeter Schnee	1'344.00 €	1'581.00 €	1'344.00 €	1'581.00 €	1'344.00 €	1'360.80 €	1'360.80 €	1'581.00 €	€/ m³
Produktionskosten pro Tag	2'925.00 €		2'925.00 €		2'704.80 €				€
Summe variable Kosten					8'554.80 €				€
Summe Fixkosten	118'789.00 €								€
Beschneungszeit									
Gesamtkosten					127'343.80 €				€
Kosten pro Kubikmeter					5.60 €				€

Tabelle 18 <sup>79</sup>Berechnete Kosten durch Wetterbericht

Bei der Kostenbetrachtung in Tabelle 18 wurden die variablen Kosten pro Produktionseinheit aus der Gesamtkostenanalyse übernommen, diese wurden mit der produzierten Schneemenge multipliziert, welche die gesamten variablen Kosten ergibt. Für die Strecke werden 20 000 m<sup>3</sup> benötigt, wegen der optimalen Temperaturen können in 72 Stunden 22 740 m<sup>3</sup> produziert werden, deshalb wurden die variablen Kosten auf 22 740 m<sup>3</sup> berechnet. Die Fixkosten bleiben über die Periode konstant, das sind die 118 789 €. Die Gesamtkosten (variable Kosten + Fixkosten) betragen 127 343,80 €. Aufgrund der größeren Schneemenge von 22 740 m<sup>3</sup> verringert sich der Preis pro m<sup>3</sup> auf 5,60 €. Hauptgrund für die Reduktion des Kubikmeterpreises sind die sehr hohen Fixkosten, welche durch die produzierte Schneemenge sehr rasch absinken.

Wird unter diesen Bedingungen weiter produziert, würden die Kosten pro Produktionseinheit noch weiter fallen, siehe Tabelle 19.

<sup>79</sup> Eigene Ausarbeitung.



	Donnerstag		Freitag		Samstag		Sonntag		Einheit
	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	
Wetterdaten									
Lufttemperatur	-8	-4	-9	-5	-10	-6	-6	-4	°C
Luftfeuchtigkeit	40	50	30	40	30	50	50	30	%
Feuchtkugeltemperatur	-10.2	-6.4	-11.5	-7.7	-12.3	-8.1	-8.1	-7.4	°C
Beschneigungsangaben									
Beschneigungszeit	12	12	12	12	12	12	12	12	Stunden
Schneemenge pro Stunde	320	310	320	310	320	315	315	310	m³ / Stunde
Schneemenge	3840	3720	3840	3720	3840	3780	3780	3720	m³
Schneemenge Gesamt	7560		15120		22740		30240		m³
Kostenentwicklung									
variable Kosten pro Kubikmeter Schnee	1344	1581	1344	1581	1344	1361	1361	1581	€ / m³
Produktionskosten pro Tag	2925		2925		2705		2942		€
Summe variable Kosten			5850		8555		11497		€
Summe Fixkosten	118789		118789		118789		118789		€
Beschneigungszeit									
Gesamtkosten	121'714.00 €		124'639.00 €		127'343.80 €		130'285.60 €		€
Kosten pro Kubikmeter	16.10 €		8.24 €		5.60 €		4.31 €		€

Tabelle 19 <sup>80</sup>Preissenkung bei fortlaufender Produktion

Der Preis pro Leistungseinheit wird mit zunehmender Produktion reduziert. Bei fortlaufender Produktion fallen die Kosten pro Kubikmeter weiterhin.

Im Diagramm sehen wir wie die produzierte Schneemenge steigt und die Kosten pro Produktionseinheit sinken.

<sup>80</sup> Eigene Ausarbeitung.

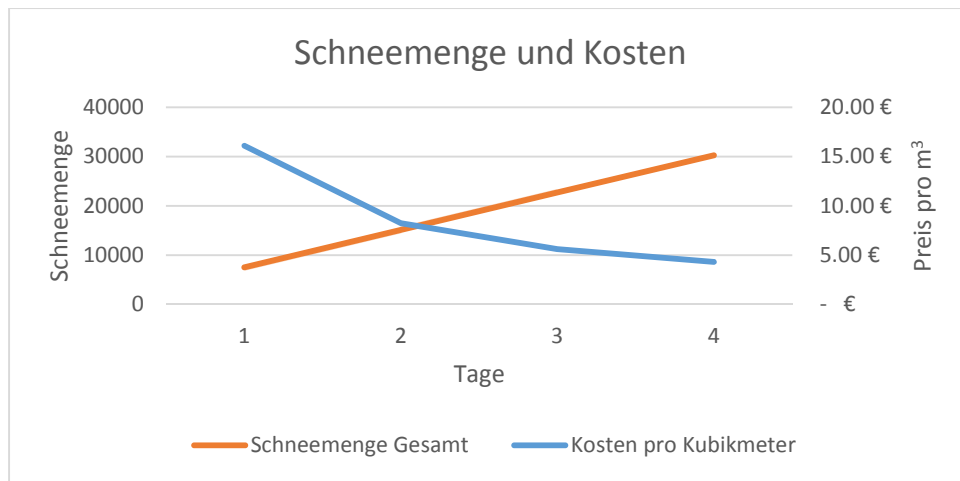


Abbildung 33<sup>81</sup> Verlauf Schneemenge und Kosten

Bei dieser Analyse muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Verläufe von Kosten und Schneemenge bei wechselnden Parametern sehr schnell verändern können. Wird im Grenztemperaturbereich beschneit, sind die variablen Kosten im Verhältnis zur erzeugten Schneemenge höher, da die Ausbringleistung niedriger ist.

Die relativ oft verbreitete Aussage: „Sobald die Temperaturen es zulassen werden die Schneeerzeuger eingeschaltet und Schnee produziert“ wird durch diese Kostenanalyse unterstrichen. Nicht die variablen Kosten sind die Kostentreiber, sondern die Fixkosten.

## 4.5 Ressourcenschonendes Schneemanagement

<sup>82</sup>Welche Methoden zum Schneemanagement eingesetzt werden, beschreibt das Unternehmen der Planai-Hochwurzenbahnen in Schladming ausführlich, auf ihrer Webseite

„Möglichst viel Schnee in möglichst kurzer Zeit zu machen, wird in Zukunft nicht mehr genug sein. Vielmehr geht es darum, effizient, kostengünstig, ökologisch verträglich und damit ressourcenschonend Schnee zu produzieren und nicht einfach aus allen Schneigeräten zu feuern.“

Das ressourcenschonende Schneemanagement beinhaltet folgende wichtige Faktoren:

<sup>81</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>82</sup> Vgl. [www.planai.at](http://www.planai.at), 2014.

- Pistendesign  
Pistenbau
- Begrünung / Sommerbewirtschaftung
- Technische Ausstattung der Beschneiungsanlage (Hybridanlagen: Lanzen- und Propellerschneigeräte)
- Effizienter Einsatz der Beschneiungsanlage und Schneigeräte (je nach unterschiedlichen äußeren Bedingungen)  
Schneiteiche, Ringleitungen
- Feldversuche in Kooperation mit Wissenschaft, Universitäten, etc.
- Mehrfachnutzung von Wiesen / Weiden (Forstwege sind Skiwege, Schneiteiche für Brandschutz etc.)
- Automatische Schneehöhenmessung mittels Pistengerät

Ziel ist es, eine gleichmäßig verteilte, kompakte Schneesicht auf den Pisten zu haben und möglichst nirgends zu wenig oder zu viel Schnee. Und so geht es auch beim ressourcenschonenden Schneemanagement nicht nur um das Sparen im betriebswirtschaftlichen Sinn – also einen kurzfristigen Effekt – sondern vor allem um einen langfristigen Effekt für die Umwelt.

Ein Bestandteil dieses Projekts ist die Entwicklung eines elektronischen Schneehöhenmessgeräts, das sich direkt im Pistengerät befindet. Diese Weltneuheit funktioniert auf GPS-Basis und wurde gemeinsam mit den Firmen PowerGIS aus Salzburg und der Firma Kässbohrer auf der Planai entwickelt.

Die Zeiten von Bohrmaschine und Maßstab zur Schneehöhenmessung sind vorbei – GPS-Messung mittels Pistengerät ist angesagt! Die Planai-Hochwurzen-Bahnen sind das erste Unternehmen weltweit, das die GPS-Schneehöhenmessung mittels Pistengerät großflächig einsetzt und gemeinsam mit der Firma PowerGIS aus Salzburg und der Firma Kässbohrer auch entscheidend an der Entwicklung beteiligt war.“ ([www.planai.at](http://www.planai.at), 2014).

Dieser Bericht und die oben angeführten Faktoren unterstreichen eindrucksvoll, welche Methoden im Bereich des Kostenmanagement von den Seilbahnbetreibern in der technischen Beschneigung praktiziert werden. Über den Fortschritt der Technologie können in kurzfristiger Zeit Analysen durchgeführt und Änderungen eingeleitet werden. Gerade wenn mehrere Schipisten technisch beschneit werden, ist es von Vorteil zu wissen, welche Schneemenge benötigt wird damit auf einer Strecke nicht zu viel, und auf der anderen zu wenig vorhanden ist. Verbunden mit dem Schneemanagement ist zugleich auch das Wassermanagement. Wasser ist ein Gut bzw. Rohstoff für die

Schneeerzeugung. Dieser Rohstoff kann auch in Schigebieten knapp vorkommen. Die Definition für Wirtschaften wird folgendermassen definiert: „Wirtschaften heisst, bewusst mit knappen Gütern umgehen.“ (Wirtschaft und Recht für Techniker/innen, 2007)

## 4.6 Pistenmanagement

Abschliessend zum Kapitel 4 betrachten wir noch eine Möglichkeit des Pistenmanagements, das zuvor auch bei den Faktoren des Schneemanagements genannt wurde, die Schneehöhenmessung Technologie von der Firma ARENA.

Nach der Schneeerzeugung besteht die Herausforderung den Schnee optimal auf der Fläche zu verteilen, zum Teil müssen natürliche Konturen wie Mulden oder Absätze mit Schnee ausgeglichen werden, damit diese befahrbar sind.

<sup>83</sup>Die ARENA Schneehöhenmessung basiert auf den GNSS-Technologien GPS und Glonass. Aus der Differenz zwischen aktueller Höhe der Pistenmaschine und Urelände ergibt sich die tatsächliche Schneehöhe. Als Datengrundlage dient hierzu ein digitales Geländemodell.

„Für die präzise Schneehöhenmessung und für den Datenaustausch in Echtzeit werden hochwertige technische Komponenten eingesetzt.“

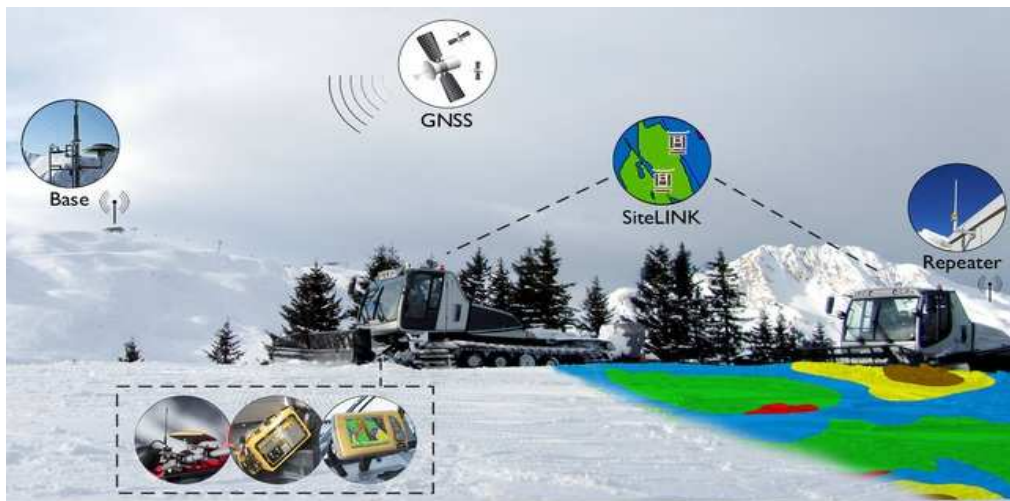


Abbildung 34 <sup>84</sup>Darstellung Pistenmanagement

<sup>83</sup> Vgl. <http://www.pistenmanagement.at>, 2014

<sup>84</sup> Quelle: [www.pistenmanagement.at](http://www.pistenmanagement.at), 2014.

Die Technik in der Pistenmaschine umfasst zwei an der Fahrerkabine installierte Antennen. Eine Antenne misst die GPS-Position, die andere ist für den Empfang des Korrektursignals zuständig. Zusätzlich sind im Fahrzeug ein Neigungssensor, eine Roverbox und ein Modem zum Datentransfer in die ARENA Datenbank verbaut. Der Boardcomputer wird mittels dreh- und neigbarem Gelenk perfekt in Position gebracht.“ (www.pistenmanagement.at, 2014)

## **4.7 Zusammenfassung Kapitel 4**

Im Kapitel 4 erwähnt, sollen Möglichkeiten zur Betrachtung der Kostenanalyse zur technischen Beschneigung erarbeitet werden. Über einige allgemeine Definition aus der Literatur wurden praktische Bezüge zur Beschneigung hergestellt. Die Sinnhaftigkeit über die Integration von Kostenstellen muss von den Seilbahnbetreibern selbst entschieden werden. In großen Schigebieten werden zum Teil hunderte von Schneeerzeugern eingesetzt. Dabei kann eine Einteilung in Kostenstellen für eine Analyse und wirtschaftliche Optimierungen unterstützen. Das Investitionskostenmodell zeigt, dass Fixkosten der Haupttreiber der Kosten sind. Gerade für den Bau von Speicherseen, Leitungen, Gebäude für Pumpstationen und Druckluftherzeugung muss viel Geld in die Hand genommen werden.

## 5 Kapitel E Schlussbetrachtung

Bereits in der Arbeit einleitend erwähnt, hat die technische Beschneigung primär das Ziel, den Schibetrieb und damit verbunden den Tourismus und Arbeitsplätze in Österreich zu sichern. Dass das Interesse am Schisport sehr gross ist, zeigen die jährlichen Besucherzahlen in den österreichischen Schigebieten. Der Preis wird auf dem Markt üblicherweise nach Angebot und Nachfrage bestimmt, so ist es auch bei den Schiliftbetreibern. Preisanpassungen bei Tageskarten von 1,5 % bis 3 % jährlich sind üblich, in den meisten Fällen werden diese mit gestiegenen Kosten begründet, zu denen auch die Kosten für die technische Beschneigung gehören. Die Seilbahnbetreiber investieren jährlich sehr hohe Summen in den Ausbau und die Infrastruktur von Beschneigungsanlagen, was bei einigen Unternehmen durchaus große Herausforderungen darstellt, wenn man bedenkt das ca. 32 % der Unternehmen in Österreich mit Jahresumsätzen bis zu 750 000 € auskommen müssen.

Weiters sind in den Grundlagen für den Einsatz der technischen Schneeerzeugung meteorologischen Einflussfaktoren dargestellt, die in der Atmosphäre Schnee entstehen lassen. Das sind die Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Kondensation- und Eisbildungskeime. Das Verhältnis dieser Werte wird als Feuchtkugelttemperatur bezeichnet, ein wichtiger Begriff und Faktor für die wirtschaftlichen Zusammenhänge. Wichtig ist es, die Geländeformen und die Meereshöhe in der Beschneigung mit zu berücksichtigen. Die Klimaveränderung ist in aller Munde, Perioden die über den Winter eine konstante Schneedecke liegen lassen werden kürzer, d.h. für Seilbahnbetreiber Betrachtungen anzustellen wie in kurzer Zeit viel Schnee produziert werden kann.

Im Kapitel 2 wird das Funktionsprinzip der technischen Beschneigung erläutert. Es wird Wasser, Druckluft und Strom sowie eine Maschine – Propellermaschine oder Lanze – benötigt. Das Wasser wird durch eine Pumpe mit dem notwendigen Druck an die Maschine gefördert. Mit Hilfe von Druckluft und Strom wird das Wasser in den Düsen zerstäubt und die Nukleatoren lassen die kleinen Tropfen zu Eis gefrieren. Die wechselnden meteorologischen Einflussfaktoren wirken sich auf die Ausbringleistung der Schneeerzeuger aus. Propellermaschinen sind teurer in der Anschaffung, jedoch können sie mehr Schnee pro Zeiteinheit produzieren und haben einen größeren Radius und Wurfweite zum Beschneien, was für breite Pisten idealer ist. Lanzen sind praktischer für Waldwege bzw. schmale Strecken und sind in ihrer Anschaffung günstiger.

Die Wasserversorgung ist abhängig von der Menge des zu produzierenden Schnees. Meist werden Speicherseen, welche genehmigt werden müssen, angelegt. Auch aus fließenden Gewässern dürfen nur genehmigte Mengen entnommen werden. Der Wasserverbrauch ist auch von der Schneequalität bzw. seiner Dichte abhängig. Aus Erfahrungen in der Präparierung und Befahrbarkeit der Pisten hat sich eine Dichte zwischen  $360 \text{ kg/m}^3$  und  $430 \text{ kg/m}^3$  bewährt.

Die Wassertemperatur sollte für eine wirtschaftlich sinnvolle Beschneigung bei  $+2^\circ\text{C}$  bis  $+4^\circ\text{C}$  liegen - je kühler desto besser. Ab  $+3^\circ\text{C}$  wird ein Kühlturm für die Wasserkühlung empfohlen.

Das Wasser wird mit einem bestimmten Wasserdruck benötigt, der je nach Schneekanonentyp bei 10 bis 60 bar liegen kann. Hierfür werden meist Kreispumpen eingesetzt. Den Speichersee in höheren Lagen zu planen, bringt Vorteile für die Wassertemperatur und die geodätische Höhe kann zum Druckaufbau für das Wasser genutzt werden, was die Pumpenleistung und den Energieverbrauch verringert.

In Kapitel 3 habe ich eine Projektierung der technischen Schneeerzeuger für eine Strecke gemacht. Mit Hilfe von einer computerunterstützten Software für Geodaten wurden die Daten der Strecke erfasst und für die weiteren Berechnungen herangezogen. Anhand dieser Daten werden die Schneemengen und Wassermengen berechnet. Dieses Beispiel kann auch für weitere bzw. mehrere Strecken angewandt werden.

Das Herzstück der Arbeit ist das Kapitel 4 – es ist die zusammenhängende wirtschaftliche Betrachtung der Arbeit. Über die dargestellten Verfahren ist es möglich, die Kostenbereiche einzugrenzen und wirtschaftliche Potentiale zu finden.

Bei der technischen Beschneigung sind die Fixkosten ein sehr großer Bestandteil, die variablen Kosten sind wesentlich geringer, jedoch von nicht beeinflussbaren Faktoren, wie z.B. die meteorologischen, abhängig. Die Kontrolle der Wirtschaftlichkeit ist jedoch nur gegeben, wo die Kosten beeinflussbar sind. Da einige nicht beeinflussbare Parameter bei der technischen Beschneigung mitspielen, ist eine exakte Berechnung nicht möglich. Ich habe zwei Varianten für eine Kostenanalyse vorgestellt. Der Seilbahnbetreiber selbst muss entscheiden, welche Kostenstellen er integriert und wie genau er die einzelnen Strecken analysieren will. Je nach Einteilung kann dann eine mehr oder weniger genaue wirtschaftliche Optimierung getroffen werden.

Die Investition (Kapitalverwendung) für die technische Beschneigung stellt auch große Herausforderungen an die Finanzierung (Kapitalbeschaffung). Für den Bau von Speicherseen, Leitungen und Linienmaterial sowie Gebäude für Pumpstationen und

Drucklifterzeugungen sowie die Maschinen sind größere Summen notwendig. Dies ist natürlich für kleinere Unternehmen eine größere Herausforderung als für größere. Einen Teil der Investitionen über Rücklagen zu bilden, ist für Unternehmen mit bis zu 750 000 € Umsatz schwieriger als für Unternehmen mit bis zu 7,5 Mill. € Umsatz. Je nach Form der Finanzierung können die Fixkosten beeinträchtigt werden.

Variable Kosten steigen sobald Schnee produziert wird. Da der Anteil der variablen Kosten zu den Fixkosten relativ gering ist, sinkt der Preis pro produzierte Einheit sehr schnell, denn die Fixkosten entstehen vor jeder Periode, egal ob Schnee produziert wird oder nicht. Aus wirtschaftlicher Sicht müssten bei extrem kalten Temperaturen mehr Schneeerzeuger betrieben werden als bei Grenztemperaturen, weil die Ausbringleistung um einiges besser ist. Das wirtschaftliche Worst Case Szenario, welches im Dezember 2013 in einigen Schigebieten zu sehen war, ist wenn Schneemengen produziert werden und die Lifte anschliessend nicht betrieben werden können, weil der Schnee für die komplette Strecke nicht ausreicht. Bei diesem Szenario sitzt man auf Kosten aber auf keinen bzw. nur geringen Einnahmen.

Wie bereits oben erwähnt, ist es auch sinnvoll für die jeweilige Piste bzw. Strecke die passende Maschine auszuwählen. Eine optimale flächendeckende Beschneigung spart Folgekosten in der Pistenpräparierung, wozu Propellermaschinen sich besser eignen. Werden Schneedepots angelegt, macht es auch Sinn Lanzen anzuwenden.

Kostenplanung mit Hilfe der Wettervorhersage sollte meiner Meinung nach immer etwas kritisch betrachtet werden. Genaue Vorhersagen sind meist sehr kurzfristig, dadurch muss die Planung unkompliziert und flexibel sein. Langfristige Vorhersagen unterliegen Schwankungen und sind dadurch nur bedingt für die Planung von Nutzen. Durch wechselnde Parameter verändern sich die Kosten recht schnell! Am meisten Kosten können in der Beschneigung gespart werden, wenn der natürliche Einfall von Schnee früh und ausgiebig am Anfang der Saison einsetzt.

Die Aussage, dass sobald es die Lufttemperaturen zulassen technisch beschneit werden soll, kann ich durch diese Arbeit bestätigen. Ich denke, es ist sehr eindrucksvoll aufgezeigt, wie die Gesamtkosten pro Produktionseinheit fallen und damit die Wirtschaftlichkeit der technischen Beschneigung positiv beeinflusst.

Das Unternehmen Planai - Hochwurzenbahnen in Schladming beschreibt das ressourcenschonende Schneemanagement sehr eindrucksvoll. Mit neuester Technologie wird bewusst gewirtschaftet und enorme Kostensenkungspotentiale aufgezeigt.



Ziel dieser Arbeit war es, die Kosten der technischen Beschneigung zu analysieren sowie Verläufe darzustellen. Eine exakte Betrachtung der Kosten ist wegen der vielen wechselnden Parameter nicht möglich. Verändert sich ein Parameter, verändern sich auch die Kosten. Zu den wechselnden Parameter, welche die Kosten beeinflussen gehören die Schneequalität, welche mit  $400 \text{ kg/m}^3$  angenommen wurde, die Lufttemperatur, die Luftfeuchtigkeit, der Wasserdurchsatz, die Wassertemperatur, die Beschneigungszeit und die vorhandenen Wassermengen. Verändert sich einer dieser Parameter werden die ermittelten Zahlen gleich wieder revidiert.

Über die dargestellten Verfahren ist es möglich, den Kostenbereich einzugrenzen und wirtschaftliche Potentiale zu finden.



# Literatur

## Internet

[www.wzforum.de](http://www.wzforum.de/forum2/read.php?8,2811577) (24. Juli 2014). Von: [ttp://www.wzforum.de/forum2/read.php?8,2811577](http://www.wzforum.de/forum2/read.php?8,2811577) abgerufen

[www.zamg.ac.at](http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick): (27. Mai 2014). Von <http://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/jahresrueckblick> abgerufen

[www.business-wissen.de](http://www.business-wissen.de). (1. Juli 2014).

[www.demaclenko.com](http://de.demaclenko.com/Products/VisUp-2). (22. April 2014). Von <http://de.demaclenko.com/Products/VisUp-2> abgerufen

[www.ischgl.com](http://www.ischgl.com/de/active/skigebiet/pistenanlagen/skiguide-interaktiv/pistenplan). (5. Juli 2014). Von <http://www.ischgl.com/de/active/skigebiet/pistenanlagen/skiguide-interaktiv/pistenplan> - abgerufen

[www.pistenmanagement.at](http://www.pistenmanagement.at/de/loesung/schneehoeohenmessung). (26. Mai 2014). Von <http://www.pistenmanagement.at/de/loesung/schneehoeohenmessung> abgerufen

[www.planai.at](http://www.planai.at/sommer/de/unternehmen/Ressourcenschonendes_Schneemanagement.html). (26. Mai 2014). Von [http://www.planai.at/sommer/de/unternehmen/Ressourcenschonendes\\_Schneemanagement.html](http://www.planai.at/sommer/de/unternehmen/Ressourcenschonendes_Schneemanagement.html) abgerufen

[www.schweizer-fn.de](http://www.schweizer-fn.de/lueftung/feuchte/feuchte.php#feuchtktemp). (27. April 2014). Von <http://www.schweizer-fn.de/lueftung/feuchte/feuchte.php#feuchtktemp> abgerufen

[www.seilbahnen.at](https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/TransportVerkehr/Seilbahnen/FV_Bericht_TM_1213.pdf). (20. Juli 2014). Von [https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/TransportVerkehr/Seilbahnen/FV\\_Bericht\\_TM\\_1213.pdf](https://www.wko.at/Content.Node/branchen/oe/TransportVerkehr/Seilbahnen/FV_Bericht_TM_1213.pdf) abgerufen

[www.soelden.com](http://www.soelden.com/schneeanlagen). (23. Mai 2014). Von <http://www.soelden.com/schneeanlagen> abgerufen

[www.technoalpin.com](http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Downloads/Prospekte.html). (10. Juni 2014). Von [http://www.technoalpin.com/Faszination\\_Technik/Downloads/Prospekte.html](http://www.technoalpin.com/Faszination_Technik/Downloads/Prospekte.html) abgerufen

[www.wetter24.de](http://www.wetter24.de/news/news/ch/aa5c2e6efb6f3a05be2cd4ab20ee5319/article/winterferienwetter.html). (22. Juli 2014). Von <http://www.wetter24.de/news/news/ch/aa5c2e6efb6f3a05be2cd4ab20ee5319/article/winterferienwetter.html> abgerufen

[www.wiki.bildungsserver.de](http://www.wiki.bildungsserver.de). (19. Juli 2014).

Arbesser Maximilian, G. G. (14. Mai 2014). *www.bmwfw.gv.at*. Von [http://www.bmwfw.gv.at/Tourismus/TourismusstudienUndPublikationen/Document/s/NEU\\_1005%20BMWFJ%20Wintersport%20Endbericht%20SpEA.pdf](http://www.bmwfw.gv.at/Tourismus/TourismusstudienUndPublikationen/Document/s/NEU_1005%20BMWFJ%20Wintersport%20Endbericht%20SpEA.pdf) abgerufen

<http://de.wikipedia.org>. (20. Juli 2014). Von [http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6he\\_%C3%BCber\\_dem\\_Meeresspiegel](http://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6he_%C3%BCber_dem_Meeresspiegel) abgerufen

<http://ftec.cfasp.de>. (27. April 2014). Von <http://ftec.cfasp.de/alpentour2003/kartensachen.htm> abgerufen

## Bücher

Wirtschaft und Recht für Techniker/innen. (2007). In P. E.-K. Kiss Katharina. Trauner Verlag.

Opresnik Marc Oliver, R. C. (2012). *Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre*. Lübeck, Reutlingen: Gabler.

Döring Ulrich, B. R. (2011). *Buchhaltung und Jahresabschluss*. Erich Schmidt.

Händler, J. (2012). *Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure*. Zwickau: Carl Hanser.

Klimatische und meteorologische Messgrößen. (2012). In E. Hering, & S. Gert. Vieweg.

Stelling, J. (2009). *Kostenmanagement und Controlling*. Oldenbourg Verlag München.

Olfert, K. (2012). *Investition*. Neckargemünd: NWB.

## Interview

Eppacher, M. (19. Mai 2014). Auslegung von technischen Beschneiungsanlagen. (F. Schneider, Interviewer)

Walser, M. (2. Mai 2014). Betreiben von Schneeerzeugern. (F. Schneider, Interviewer)

## Fachzeitschrift

Alpin, F. T. (2014). Zahlen und Fakten zur technischen Beschneigung. *Backstage Magazine*, 23.

Behördenverfahren, L. f. (2011). *Beschneiungsanlagen - Leitfaden für wasserrechtliche Behördenverfahren, Band 1*. Salzburg: Land Salzburg.

Schweizerische Eidgenossenschaft. (2009). *Energetische Bedeutung der technischen Pistenbeschneigung und potentiale für Energieoptimierungen.*

Technoalpin. (2014). Beschneiungsanlagen. *Backstage Magazin*, 16.

Dorffamnn Andreas (2013). Skript Beschneigungsmanagement.

# Anlagen

Teil 1 Berechnungen.....	A-I
Teil 2 Maschinendaten.....	A-III

# Anlagen, Teil 1 Berechnungsdaten

Berechnungen

## Planungsdaten für Strecke

Streckendaten					
	Länge	900	m		
	Breite	60	m		
	Höhe	0.4	m	Schneemengen	
Fläche Abschnitt 1		22514	m <sup>2</sup>	9005.6	m <sup>3</sup>
Fläche Abschnitt 2		8544	m <sup>2</sup>	3417.6	m <sup>3</sup>
Fläche Abschnitt 3		6612	m <sup>2</sup>	2644.8	m <sup>3</sup>
Fläche Abschnitt 4		2370	m <sup>2</sup>	948	m <sup>3</sup>
		40040	m <sup>2</sup>	16016	m <sup>3</sup>

benötigte Schneemengen		
Schneemege (40000 m <sup>2</sup> x 0,4 m)	16016	m <sup>3</sup>
Verlustwert durch Verdunstung, Wind, etc.	20	%
Schneemenge incl. Verlustwert	19219.2	m <sup>3</sup>
Schneemenge für Betrachtung (Rundung)	20000	m <sup>3</sup>

Wassermengen		
Dichte des Schnee (Schneequalität)	400	m <sup>3</sup>
notwendige Wassermenge	8000	m <sup>3</sup>
*Zufluss aus Bach	36	m <sup>3</sup> /h
Wasserverbrauch pro Stunde	100	m <sup>3</sup>
Benötigte Speichergrosse	5120	m <sup>3</sup>

Beschneigungszeit		
Geplante Dauer für Grundbeschneigung	80	Stunden
Wasserverbrauch pro Stunde	100	m <sup>3</sup> Wasser / Stunde
Wasserverbrauch / Sekunde	28.0	L/s

Maschinenauswahl Propeller		
max. Wasserdurchsatz pro Sekunde	8.2	l / sec.
kalkulierter Wasserdurchsatz pro sec.	5.74	l / sec.
benötigte Maschinen	4.88	Stk.
gewählte Maschinen	5.00	Stk.
Wasserdurchsatz / Maschine / Sekunde	5.60	l / sec.

Maschinenauswahl Lanze		
max. Wasserdurchsatz pro Sekunde	5.47	l / sec.
kalkulierter Wasserdurchsatz pro sec.	4	l / sec.
benötigte Maschinen	7	Stk.
gewählte Maschinen	7	Stk.
Wasserdurchsatz / Maschine / Sekunde	4.00	l / sec.

Berechnung der Maschinenanzahl in Abhängigkeit der Feuchtkugeltemperatur

Anzahl Maschinen	7.00	Stk.
Lufttemperatur	-4	°C
Luftfeuchtigkeit	70	%
Feuchtkugeltemperatur	-5.4	°C
Wasserdurchsatz / Maschine / sec.	3.28	l / sec.
Wasserdurchsatz / sec. für alle Maschinen	22.96	l / sec.
erwartete Schneemenge / Stunde	206.64	m <sup>3</sup>
Schneemenge in geplanter Einschneizeit von 80 Stunden	16531.2	m <sup>3</sup>
benötigte Schneemenge für Strecke	19219.2	m <sup>3</sup>
fehlende Schneemenge	2688	m <sup>3</sup>
Bei berücksichtigter Feuchtkugeltemperatur wird zusätzliche Einschneizeit benötigt	13	Stunden
benötigte Einschneizeit	93	Stunden
Energieverbrauch Schneeerzeuger für Einschneizeit	13020	KWH
Energiekosten pro KWH	0.15	€/KWH
Energiekosten	1953	€
Energiekosten / m <sup>3</sup> Schnee	0.102	€ / m <sup>3</sup> Schnee



<sup>85</sup>Berechnung des Energieverbrauchs und Energiepreis für die Strecke

Energieverbrauch und Energiepreis Ermittlung für Schneeerzeugung													
	Maschine	Feuchtkugelttemperatur °C											Einheiten
		-13	-12	-11	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	
Wasserdurchsatz	Propeller	8.2	8.2	8.2	8.2	6.56	6.56	4.92	4.92	3.28	3.28	2.05	L / s
	Lanze	5.47	5.47	5.47	5.47	4.38	4.38	3.28	3.28	2.19	2.19	1.37	L / s
Schnee pro Stunde bei 400 Kg pro Kubikmeter	Propeller	73.8	73.8	73.8	73.8	59.04	59.04	44.28	44.28	29.52	29.52	18.45	m³ / h
	Lanze	49.23	49.23	49.23	49.23	39.42	39.42	29.52	29.52	19.71	19.71	12.33	m³ / h
Energieverbrauch pro Maschine	Propeller	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	KW
	Lanze	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	KW
Kubikmeter Schnee pro Kilowatt	Propeller	3.7	3.7	3.7	3.7	3.0	3.0	2.2	2.2	1.5	1.5	0.9	m³ / KW
	Lanze	12.0	12.0	12.0	12.0	9.6	9.6	7.2	7.2	4.8	4.8	3.0	m³ / KW
Energiekosten pro Kubikmeter Schnee	Propeller	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.07	0.07	0.10	0.10	0.16	m³ / KW
	Lanze	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	m³ / KW

erforderliche Pumpenleistung	Pumpe	40	40	40	40	32	32	24	24	16	16	10	Kilowatt
------------------------------	-------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----------

<sup>86</sup>Berechnung der Personalkosten für die Strecke

Anzahl Propeller	Propeller und Lanze	3	3	3	3	4	4	3	3	6	6	10	Stück
Anzahl Lanzen		2	2	2	2	2	2	6	6	7	7	10	Stück
Wasserdurchsatz		35.5	35.5	35.5	35.5	35.0	35.0	34.4	34.4	35.0	35.0	34.2	Liter pro Sekunde
Schneemenge pro Stunde		320	320	320	320	315	315	310	310	315	315	308	m³ pro Stunde
Beschneigungszeit		60	60	60	60	61	61	62	62	61	61	63	Stunden
notwendiges Personal		1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	Anzahl
Stundenlohn		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	l pro Stunde
Personalkosten		1448	1448	1448	1448	1470	1470	2389	2389	2940	2940	4515	l
Personalkosten pro Kubikmeter Schnee		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.15	0.15	0.15	0.15	0.23	l pro m³

<sup>85</sup> Eigene Ausarbeitung.

<sup>86</sup> Eigene Ausarbeitung.

# Anlagen, Teil 2 Maschinendatenblatt

<sup>87</sup>Technische Daten Ventus Propellermaschine

## Technische Details auf einem Blick

- Kompaktes und verzinktes Fahrgestell, das stabil auf der Piste steht und über drei verzinkte Stützbeine und Räder verfügt
- GFK-Gebläse mit Düsenkranz aus Aluminium
- Wasserdüsen aus Edelstahl und Nukleatoren aus Messing
- 360° drehbar – manuell oder elektrisch
- Höhenverstellung elektrisch oder manuell von 0° bis 45°
- Schaltschrank mit Schutzgrad IP55
- Wassermodule mit Entleerung und zentralem Wasseranschluss
- Ölgeschmierter bzw. ölfreier Kompressor
- fremdbelüftete Temperatursonde und dreifarbige Alarmanzeigelampe

## Automatische Funktionen

- Schwenkung zwischen 10° und 330°
- 5,7" Touch Display – wahlweise steuerbar mittels kompatibelem Smartphone oder Tablet
- Display mit Angaben über Wassertemperatur, Druck, Durchsatz, Schneequalität, Lufttemperatur und Feuchtigkeit, Energieverbrauch sowie alle statistischen Werte
- Schneeerzeuger stoppt automatisch bei Fehlermeldungen
- Alle Fehler werden am Display angezeigt
- Software in gewünschten Sprachen

## Konfigurationen

- VENTUS MMK als mobiler manueller Schneeerzeuger mit Kompressor
- VENTUS AMK als mobiler automatischer Schneeerzeuger mit Kompressor
- VENTUS AT und ATK auf fixem Turm mit/ohne Kompressor
- VENTUS AS und ASK auf Schrägaufzug mit/ohne Kompressor
- VENTUS auf Arm

## Technische Daten

Höhe	2.390 mm
Länge	2.620 mm
Breite	2.420 mm
Kanone inkl. Beine und Kabel	700 kg
Rad und Zugstange	85 kg
Spannung	400 Volt
Gebläsemotor	14,5 kW
Kompressor	4 kW
Heizung	1,5 kW
Anschlussleistung	20 kW
Frequenz	50/60 Hz
Netzanschlusstecker	63 A
Nukleatoren	20
Wasserdüsen	60
Schwenkung	360°
Automatische Schwenkung	10°-330°
Höhenverstellung	0°-45°
Wasseranschluss	2"
Wasserdruck	12-50 bar
Wasserfilter	350 micron
Maximaler Wasserdurchsatz	8,2 l/s
Maximale Schneeproduktion	78 m³/h
Wurfweite	60 m

VENTUS

Technische Details



VENTUS AS/ASK



VENTUS AT/ATK



VENTUS AMK

<sup>87</sup> Quelle: [www.demaclenko.com](http://www.demaclenko.com), 2014.

#### Technische Details auf einem Blick

- \_ Neu entwickelter Lanzenaufbau: erlaubt das Senken der Lanze bis zum Boden mittels Hydraulikzylinder
- \_ Einfacher Abbau von Schaltkasten, Kompressor und Wasserfilter
- \_ Neuer Ventilblock aus Aluguss mit eingebautem Wasserfilter
- \_ Lanzenstange aus extrudiertem Aluminium in neuer ovalen Form
- \_ Lanzenkopf aus Aluguss
- \_ Wasserdüsen aus rostfreiem Edelstahl und Nukleatoren aus Messing
- \_ DEMACLENKO Standard Display
- \_ Scheinwerfer

#### Konfiguration

- \_ VIS A Automatic erleichtert Ihre Schneeerzeugung und ist einfach zu betreiben. Jede Lanze hat ihre SPS mit Standard Display.
- \_ VIS C Client: alle Lanzen haben ihren eigenen SPS und werden mit der Steuerungssoftware snowVisual gesteuert.
- \_ VIS M Manuell wurde frei von jeglicher Elektronik und Stromversorgung konzipiert.
- \_ Alle VIS Lanzen werden mit 1, 2 oder 4 Regelstufen angeführt.



Kopf VIS 1



Kopf VIS 2



Kopf VIS 4

#### Technische Daten

Länge Lanzenstange	8.040 mm
Betriebshöhe	9.290 mm
Höhe Standrohr	1.810 mm
Luftverbrauch	450 l/min
Spannung	1 (4,3) kW
Nukleatoren	5
Wasserdüsen	5/10/15
Kompressor	0 (3,3) kW
Heizung	0 - 0,8 kW
Wasserdruck	15 - 50 bar
Wasserfilter	350 micron
Max. Wasserdurchsatz	5,43 l/s
Gewicht	212 - 280 kg

VIS

Technische Details



VIS Automatic



VIS Client



VIS Manual

<sup>88</sup> Quelle: [www.demaclenko.com](http://www.demaclenko.com).

# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Raggal, den 29.07.2014